

Luonnontieteiden, lukemisen ja matematiikan osaamisen arviointi

PISA 2006 -VIITEKEHYS





Programme for International Student Assessment

Luonnontieteiden, lukemisen ja matematiikan osaamisen arviointi

PISA 2006 -viitekehys

OECD:N ALKUPERÄISJULKAISU ENGLANNIKSI JA RANSKAKSI:

ASSESSING SCIENTIFIC, READING AND MATHEMATICAL LITERACY: A FRAMEWORK FOR PISA 2006

COMPÉTENCES EN SCIENCES, LECTURE ET MATHÉMATIQUES: LE CADRE D'ÉVALUATION DE PISA

OECD

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö (OECD)

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) on ainutlaatuinen organisaatio, jossa 30 kansanvaltaista markkinatalousmaata työskentelee yhdessä vastatakseen globalisaation taloudellisiin, sosiaalisiin ja ympäristöllisiin haasteisiin. OECD toimii aktiivisesti myös auttaakseen hallituksia ymmärtämään uusia kehityssuuntia, kuten yritysten hallinnon hyviä käytäntöjä ja informaatiotaloutta, sekä ongelmia, kuten väestön ikääntymisen asettamia haasteita. Järjestö luo taustoja ja keinoja, joilla hallitukset voivat verrata kokemuksiaan, etsiä vastauksia yhteisiin ongelmiin, tunnistaa hyviä käytäntöjä ja toimia yhtenäisesti kansallisen ja kansainvälisen politiikan asioissa.

OECD:n jäsenmaat ovat:

Alankomaat, Australia, Belgia, Espanja, Irlanti, Islanti, Iso-Britannia, Italia, Itävalta, Japani, Kanada, Korea, Kreikka, Luxemburg, Meksiko, Norja, Portugali, Puola, Ranska, Ruotsi, Saksa, Slovakia, Suomi, Sveitsi, Tanska, Tšekki, Turkki, Unkari, Uusi-Seelanti ja Yhdysvallat. Euroopan unionin komissio osallistuu OECD:n työhön.

OECD:n julkaisuorganisaatio tekee laajalti tunnetuksi järjestön tilastoja ja tutkimuksia taloudellisista, sosiaalisista ja ympäristöllisistä asioista sekä jakaa tietoa jäsenmaiden yhteisistä sopimuksista, pyrkimyksistä ja standardeista.

Tämä teos on julkaistu OECD:n pääsihteerin vastuulla. Siinä esitetyt mielipiteet ja perustelut eivät välttämättä edusta järjestön tai sen jäsenmaiden hallitusten virallisia kantoja.



Esipuhe

OECD:n PISA-tutkimusohjelma (Programme for International Student Assessment) perustettiin vuonna 1997. Siinä OECD-jäsenmaiden hallitukset sitoutuivat arvioimaan koulutusjärjestelmiensä oppimistuloksia yhteisen kansainvälisen viitekehysten avulla. PISA-tutkimus on ennen kaikkea yhteistyöhanke, joka kokoaa osallistujamaiden tieteellisen asiantuntemuksen. Jäsenmaiden hallitukset ohjaavat sitä omien koulutuspoliittisten kiinnostustensa mukaisesti. Osallistujamaat ovat koulutuspoliittisesti vastuussa hankkeesta. Osallistujamaiden asiantuntijat osallistuvat työryhmiin, joiden tehtävänä on yhdistää PISA-ohjelman koulutuspoliittiset tavoitteet kansainvälisen vertailevan arvioinnin parhaaseen sisällölliseen ja tekniseen asiantuntemukseen. Asiantuntijaryhmiin osallistumalla jäsenmaat varmistavat, että PISA-ohjelman arviointivälineet ovat kansainvälisesti toimivia. Näin varmistetaan, että välineissä huomioidaan eri OECD-maiden kulttuuriset ja koulutuspoliittiset erityispiirteet, että niiden mittausominaisuudet ovat hyviä ja että niissä painottuvat luotettavuus ja koulutuksellinen pätevyys.

Vuoden 2006 PISA-tutkimusohjelma on jatkoa OECD-maiden vuonna 1997 hyväksymälle suunnitelmalle. Arvioidut aihepiirit ovat samoja kuin vuosina 2000 ja 2003. Tällä kertaa päähuomio on *luonnontieteellisessä osaamisessa*, jota tutkittiin käyttämällä tämän aihepiirin tarkistettua viitekehystä. *Lukemisen osaamisen* viitekehys on samantyyppinen kuin vuosina 2000 ja 2003. *Matemaattiseen osaamiseen* liittyvä viitekehys puolestaan on samantyyppinen kuin vuoden 2003 tutkimuksessa. Ne löytyvät julkaisuista *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment* (OECD, 1999) ja *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OECD, 2003a).

Tässä julkaisussa esitellään vastaavasti PISA 2006 -tutkimuksen peruseriaatteet. Niitä kuvaillaan opittavien sisältöjen, suoritettavien prosessien sekä tietojen ja taitojen soveltamisympäristöjen avulla. Lisäksi arvioinnin aihepiirejä havainnollistetaan muutamilla näytetehtävillä. Tehtävät on kehitetty asiantuntijapaneelissa, joita johtivat ACER- (Australian Council for Educational Research) -organisaation edustajat Raymond Adams, Ross Turner, Barry McCrae ja Juliette Mendelovits. Luonnontieteiden asiantuntijaryhmän puheenjohtajana toimi Rodger Bybee Yhdysvaltain biologian opetusohjelman tutkimuskeskuksesta (Biological Science Curriculum Study). Matematiikan asiantuntijaryhmän puheenjohtajana toimi Jan de Lange Utrechtin yliopistosta Alankomaista. Lukutaitoasiantuntijaryhmän puheenjohtajana toimi Irwin Kirsch Yhdysvaltain ETS- (Educational Testing Service) -organisaatiosta lokakuuhun 2005 saakka, minkä jälkeen vt. puheenjohtajana jatkoi John de Jong Alankomaiden LTS- (Language Testing Services) -organisaatiosta. Luettelo asiantuntijaryhmien jäsenistä löytyy tämän raportin lopusta (liite B). Kunkin osallistujamaan omat asiantuntijat ovat myös tarkastaneet viitekehukset.

Tämän julkaisun on laatinut OECD:n sihteeristö, heistä erityisesti John Cresswell ja Sophie Vayssettes. Raportti julkaistaan OECD:n pääsihteerin vastuulla.



Sisällys

Esipuhe	3
Johdanto	7
Yleiskatsaus	7
PISA 2006 -tutkimuksen perusteet	9
Miksi PISA-tutkimus on ainutlaatuinen	11
Yleiskatsaus arvioitaviin aihepiireihin	12
Tutkimustapa ja raportointi	14
Taustatietolomakkeet ja niiden käyttö	15
PISA-yhteistyön rakenne ja viitekehysten tarkoitus	16
1. LUKU	
Luonnontieteellinen osaaminen	19
Johdanto	20
Aihepiirin määritelmä	21
▪ Luonnontieteellisen osaamisen ulottuvuudet	22
Aihepiirin jäsentäminen	25
Käyttötilanteet ja -ympäristö	26
Luonnontieteelliset taidot	29
▪ Ilmiöiden tunnistaminen	29
▪ Ilmiöiden selittäminen	30
▪ Todistusaineiston käyttö	30
Luonnontieteellinen tieto	31
▪ Sisältötieto	31
▪ Menetelmätieto	33
Suhtautuminen luonnontieteisiin	35
Luonnontieteellisen osaamisen arviointi	36
▪ Koetehtävien ominaisuuksia	36
▪ Arvioinnin rakenne	40
▪ Tulosten arviointiasteikot	41
Tiivistelmä	42
2. LUKU	
Lukemisen osaaminen	45
Aihepiirin määritelmä	46
Tekstimuoto	46
▪ Jatkuvat tekstit	47
▪ Jatkumattomat tekstit	47
Tehtävien ominaisuudet	48
▪ Lukemisprosessin viisi vaihetta	48
▪ Tehtävämuodot	53
▪ Vastausten arvostelu	54



Käyttötilanteet	54
Tulosten raportointi	55
▪ Yleisen osaamisasteikon laatiminen	55
▪ Muut asteikot	56
▪ Tehtäväkartan laatiminen	57
▪ Lukemisen osaamistasot	58
Lukemisen esimerkkitehtävät	63
Tiivistelmä	68
 3. LUKU	
Matemaattinen osaaminen	69
Aihepiirin määritelmä	70
”PISA-matematiikan” teoreettinen perusta	71
Aihepiirin jäsentäminen	77
Käyttötilanteet ja -ympäristö	79
Neljä matemaattista sisältöä yhdistävää ideaa	80
▪ Tila ja muoto	81
▪ Muutos ja suhteet	84
▪ Määrä	87
▪ Epävarmuus	90
Matemaattiset menetelmät	93
▪ Matematisointi	93
▪ Matemaattiset taidot	94
Taitokokonaisuudet	96
▪ Opitun toistaminen	96
▪ Opitun yhdistely	99
▪ Opitun soveltaminen	101
▪ Tehtävien luokittelu taitokokonaisuuksien avulla	105
Matemaattisen osaamisen arviointi	105
▪ Tehtävien ominaisuuksia	105
▪ Arvioinnin rakenne	110
▪ Matemaattisten taitojen raportointi	110
▪ Apuvälineiden salliminen	111
Tiivistelmä	112
Kirjallisuus	113
 Liite A: Luonnontieteen esimerkkitehtäviä	117
Liite B: PISA-tutkimuksen asiantuntijaryhmät	183



Johdanto

YLEISKATSAUS

OECD:n PISA-tutkimusohjelma (Programme for International Student Assessment) on yhteistyöhanke, johon osallistuvat kaikki järjestön jäsenmaat sekä joukko järjestön ulkopuolisia maita. Tavoitteena on mitata 15-vuotiaiden oppilaiden valmiuksia vastata haasteisiin, joita he saattavat kohdata tulevaisuudessa. 15-vuotiaiden ikäryhmä on valittu siksi, että tässä iässä suurin osa OECD-maiden koululaisista on oppivelvollisuutensa loppusuoralla. Arviointi tässä vaiheessa antaa näin kuvan noin 10 vuoden aikana hankituista tiedoista, taidoista ja asenteista. PISA-tutkimusohjelmassa arvioidaan laaja-alaisesti tietoja, taitoja ja asenteita, jotka heijastelevat opetussuunnitelmien viimeaikaisia muutoksia, mutta arviointi ulottuu vielä tiedon käyttämiseen kouluympäristön ulkopuolellakin arkielämän tehtävissä ja haasteissa. Näin hankitut taidot ilmentävät oppilaiden kykyä jatkaa oppimista koulun ulkopuolisessa elämässä, jossa sovelletaan tunneilla opittuja asioita arkeen, arvioidaan valintavaihtoehtoja ja tehdään tämän pohjalta päätöksiä. Osallistujamaiden hallitusten toteuttama tutkimus kokoa yhteen jäsenmaiden koulutuspoliittisia intressejä, joita arvioidaan kansallisen ja kansainvälisen tieteellisen asiantuntemuksen avulla.

PISA-ohjelmassa yhdistetään aihepiirikohtainen kognitiivisen (tiedollis-aidollisen) osaamisen, kuten luonnontieteellisen, matemaattisen ja lukemisen, arviointi monenlaisiin taustatietoihin. Näitä ovat oppilaiden kotitausta, oppimisasenteet, kokemukset oppimisympäristöistä sekä perehtyneisyys tietokoneiden käyttöön. Vuoden 2006 PISA-ohjelmassa pidettiin tärkeänä innovatiivista luonnontieteitä koskevien asenteiden arviointia. Tällaisia kysymyksiä liitettiin kokeen kognitiiviseen osaan. Kun asennekysymykset on sijoitettu lähemmäs kognitiivisia tehtäviä, ne voidaan kohdistaa täsmällisemmin. Tässä tapauksessa keskityttiin oppilaiden kiinnostukseen luonnontieteitä kohtaan ja heidän suhtautumiseensa tieteelliseen ajatteluun. Oppilaiden kognitiiviset tulokset voidaan liittää näihin taustatekijöihin.

PISA-ohjelmassa käytetään: a) tiukkoja laadunvalvontajärjestelmiä käännöksissä, otannassa ja kokeen teknisessä suorittamisessa, b) keinoja arviointimateriaalien kulttuurisen ja kielellisen kattavuuden saavuttamiseksi etenkin hyödyntämällä eri maiden osallistumista tehtävien kehittämiseen ja tarkistusprosesseihin ja c) uusinta tekniikkaa ja metodologiaa tietojen käsittelyssä. Yhdistämällä nämä tekijät ja toimenpiteet saadaan korkealaatuisia instrumentteja sekä tuloksia, joiden luotettavuus koulutusjärjestelmien ymmärtämisessä sekä oppilaiden tietojen, taitojen ja asenteiden kehittämisessä on hyvä, jopa erinomainen.

PISA-ohjelma perustuu dynaamiseen elinikäisen oppimisen malliin, jonka mukaan muuttuvaan maailmaan mukautuminen vaatii uusia tietoja ja taitoja, joita hankitaan jatkuvasti koko elämän ajan. PISA:ssa keskitytään asioihin, joita tämän päivän 15-vuotiaat oppilaat tarvitsevat tulevaisuudessa, ja pyritään arvioimaan, kuinka hyvin he selviytyvät oppimillaan tiedoilla. Arvioinnissa otetaan huomioon kansallisten opetusohjelmien yhteisiä aineksia, mutta ei rajoituta niihin. Vaikka PISA-ohjelmassa arvioidaankin oppilaiden tietoja, arvioidaan myös heidän kykyään pohtia ja soveltaa tietoaan ja kokemuksiaan tosielämässä. Esimerkiksi voidakseen ymmärtää ja arvioida elintarvikkeiden turvallisuutta aikuisen ihmisen on tiedettävä perusasioita ravintoaineiden koostumuksesta ja lisäksi pystyttävä soveltamaan tietoaan käytännössä. Termiä *osaaminen* (literacy) käytetään kuvaamaan tällaista tiedon (knowledge) ja taidon (skill) yhdistelmää.



Kehys A ■ Mikä on PISA-ohjelma?

Perustietoja

- Kansainvälisesti standardoitu arviointi, joka on kehitetty osallistujamaiden yhteistyönä ja jonka kohteena ovat perusopetuksessa olevat 15-vuotiaat.
- Ensimmäisessä vaiheessa (vuonna 2000) tutkimus toteutettiin 43 maassa, toisessa vaiheessa 41 maassa (2003) ja kolmannessa vaiheessa 56 maassa (2006).
- Kokeeseen osallistuu yleensä 4 500–10 000 nuorta jokaisesta maasta.

Sisältö

- PISA 2006 -tutkimuksessa tarkastellaan *lukemisen, matemaattisen ja luonnontieteellisen osaamisen* aihepiirejä; ei niinkään opetussuunnitelmien sisällön, vaan tulevaisuudessa tarvittavien tärkeiden tietojen ja taitojen hallinnan kannalta.
- Ohjelmassa painotetaan prosessien hallintaa, käsitteiden ymmärtämistä ja kykyä toimia tilanteissa, joissa tarvitaan mainittujen aihepiirien osaamista.

Menetelmät

- Kokeissa käytetään kynää ja paperia. Jokainen oppilas viipyy kokeessa kaksi tuntia.
- Koekysymykset koostuvat sekä monivalintatehtävistä että avoimista tehtävistä, joihin oppilaiden on vastattava omin sanoin. Koetehtävät on jäsennelty vastaamaan tilanteiden etenemistä tosielämässä.
- Kaikkien tehtävien kokonaiskesto on yhteensä noin 390 minuuttia. Tehtävät jaetaan satunnaisesti eri vihkoihin, jotka, noin kymmenkunta, jaetaan oppilaille niin ikään satunnaisesti. Näin jokainen oppilas saa vastattavakseen vain yhden vihkon. Esimerkiksi kymmenen hengen luokassa jokainen siis saa oman vihkonsa.
- Oppilaat täyttävät myös taustatietolomakkeen, mikä kestää 30 minuuttia. Lomakkeessa he antavat tietoja itsestään ja kotiloistaan. Lisäksi rehtorit täyttävät kouluaan koskevan lomakkeen, mihin kuluu noin 20 minuuttia.

Arviointikierrokset

- Arviointi tehdään joka kolmas vuosi, ja strateginen suunnitelma ulottuu tällä hetkellä vuoteen 2015.
- Jokaisella arviointikierroksella tutkitaan tarkemmin yhtä kolmesta aihepiiristä. Siihen käytetään noin kaksi kolmasosaa koeajasta. Kahden muun aihepiirin osaamisesta saadaan yleiskuva. Pääaihepiirit ovat *lukemisen osaaminen* vuonna 2000, *matemaattinen osaaminen* vuonna 2003 ja *luonnontieteellinen osaaminen* vuonna 2006.

Tulokset

- Perustiedot 15-vuotiaiden oppilaiden osaamisesta, tiedollisista ja taidollisista valmiuksista.
- Taustatiedot, joiden avulla tulokset liitetään tietoihin oppilaista, koulusta ja oppilaiden asenteista. Vuonna 2006 painotetaan oppilaiden asenteita luonnontieteitä kohtaan.
- Kehityssuunnat, jotka kertovat ajallisista muutoksista.
- Arvokas tietokanta koulutuspolitiikan tutkimusta ja kehittämistä varten.



PISA-tutkimuksessa kerätään tietoa arviointikierröksillä kolmen vuoden välein. Tutkimus tuottaa tietoa oppilaiden, koulujen ja eri maiden *matemaattisesta, luonnontieteellisestä ja lukemisen osaamisesta*. Tutkimuksen avulla etsitään tekijöitä, jotka vaikuttavat taitojen ja asenteiden kehittymiseen kotona ja koulussa. Samoin tutkitaan, miten nämä tekijät vaikuttavat toisiinsa ja miten tämä tulisi ottaa huomioon koulutuspolitiikkaa kehitettäessä.

Tässä raportissa esitellään PISA 2006 -arviointien taustalla olevaa teoreettista viitekehystä. Mukana on uudistettu ja laajennettu *luonnontieteellisen osaamisen* viitekehys, johon kuuluu innovatiivinen oppilaiden luonnontieteitä koskevia tietoja, taitoja ja asenteita arvioiva osuus. Lisäksi esitellään lukemisen ja matemaattisen osaamisen arvioinnin viitekehukset. Viitekehys määrittelee kaikissa aihepiireissä omaksuttavan sisällön, suoritettavat prosessit sekä ympäristöt, joissa tietoja ja taitoja sovelletaan. Kutakin aihepiiriä havainnollistetaan lisäksi tehtävänäytteiden avulla.

PISA 2006 -TUTKIMUKSEN PERUSTEET

PISA 2006 -tutkimusohjelma on osallistujamaiden vuonna 1997 laatiman tietostrategian kolmas vaihe. Julkaisuihin *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment* (OECD, 1999) ja *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OECD, 2003a) on esitetty kahden ensimmäisen PISA-tutkimuskierroksen taustalla oleva teoreettinen viitekehys. Näiden tutkimuskierrosten tulokset on esitelty raporteissa *Knowledge and Skills for Life – First Results from PISA 2000* (OECD, 2001) ja *Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003* (OECD, 2004). Raportit ovat saatavilla PISA-tutkimuksen kotisivuilta osoitteesta www.pisa.oecd.org. Tutkimuksesta saatujen tietojen avulla kunkin osallistujamaan koulutuspolitiikan kehittäjät voivat vertailla koulutusjärjestelmiensä tuloksia. Kuten aiemmilla tutkimuskierroksilla, myös vuoden 2006 arviointi käsittää niin lukemisen, matemaattisen kuin luonnontieteellisenkin osaamisen aihepiirit. Tällä kertaa päähuomio kohdistuu luonnontieteelliseen osaamiseen. Varsinaisten koekysymysten lisäksi oppilaat täyttävät taustatietolomakkeen. Muuta täydentävää tietoa kerätään koulujen rehtoreilta. PISA 2006 -tutkimukseen osallistui yhteensä 56 maata mukaan lukien kaikki 30 OECD-jäsenmaata. Yhteensä ne edustavat lähes 90:tä prosenttia maailmantaloudesta.

Koska PISA-tutkimuksessa on tavoitteena arvioida koulutusjärjestelmien tuloksia oppivelvollisuuden loppuvaiheessa, tutkimuksessa keskitytään yleisen tai ammatillisen perusopetuksen piirissä oleviin 15-vuotiaisiin nuoriin. Kussakin osallistujamaassa tutkimukseen osallistuu tavallisesti 5 000–10 000 oppilasta noin 150 koulusta. Näin saadaan hyvä otosperusta, jonka pohjalta tuloksia voidaan eritellä oppilaiden eri ominaisuuksien avulla.

PISA-tutkimuksen tärkeimpänä tavoitteena on selvittää, missä määrin nuoret ovat omaksuneet aikuiselämässä tarvitsemansa tiedot ja taidot *matemaattisessa, luonnontieteellisessä ja lukemisen osaamisessa*. Opetusohjelmia kattavampi osaamisen arviointi on olennainen osa PISA 2006 -ohjelmaa. Tärkeimmät syyt tähän laajapohjaiseen lähestymistapaan ovat seuraavat:

- Vaikka yksityiskohtaisen tiedon omaksuminen onkin tärkeä osa kouluoppimista, kykenee tällaista tietoa aikuisiällä soveltamaan vain, jos hallitsee laajempia käsitteitä ja taitoja. Luonnontieteissä yksityiskohtaisella tiedolla (kuten kasvien ja eläinten nimillä) ei ole yhtä tärkeää merkitystä kuin sillä, että hahmottaa aikuisten elämässä ajankohtaisia laajempia kokonaisuuksia (kuten energiankulutus, luonnon monimuotoisuus ja ihmisen terveys). Lukemisen saralla on tärkeää



kyetä tulkitsemaan kirjallista materiaalia ja arvioimaan tekstin sisältöä ja laatua. Matematiikassa taas kyky ajatella kvantitatiivisesti ja kuvailla suhteita tai riippuvaisuuksia on päivittäisen elämän kannalta tärkeämpää kuin kyky vastata tuttuihin oppikirjakysymyksiin.

- Keskittyminen eri maiden opetusohjelmien sisältöihin rajaisi huomion vain niihin osiin, jotka ovat kaikille tai useimmille maille yhteisiä. Tästä seuraisi monenlaisia sovitteluratkaisuja ja arviointi rajoittuisi huomattavasti. Näin tutkimus menettäisi merkityksensä eri maiden kouluviranomaisille, jotka pyrkivät sen avulla saamaan tietoa muiden maiden koulutusjärjestelmien vahvuuksista ja uudistuksista.
- Oppilaiden on tärkeää kehittää tiettyjä yleisiä ja laaja-alaisia taitoja. Näitä ovat viestintätaidot, sopeutumiskyky, joustavuus, ongelmanratkaisutaidot ja tietotekniikan hyödyntäminen. Näitä taitoja tosin kehitetään opetusohjelmien mukaisesti, mutta niiden arvioiminen edellyttää laajempaa näkemystä opetusohjelmista.

PISA ei ole jokin satunnainen 15-vuotiaiden lukemisen, matemaattisen ja luonnontieteellisen osaamisen kansainvälinen arviointi. Se on pysyvä ohjelma, jonka tuottamien tietojen avulla voidaan seurata oppilaiden tietojen ja taitojen kehittymistä eri maiden välillä ja lisäksi kunkin maan erilaisissa väestöryhmissä. Jokaisella tutkimuskierroksella pääaihepiiriin syvennyttään yksityiskohtaisemmin siten, että sen osuus ratkaistavista tehtävistä on kaksi kolmasosaa. Pääaihepiirit olivat *lukemisen osaaminen* vuonna 2000, *matemaattinen osaaminen* vuonna 2003 ja *luonnontieteellinen osaaminen* vuonna 2006. Näin jokaisesta pääaihepiiristä saadaan perusteellinen analyysi joka yhdeksäs ja kehityssuunta-analyysi joka kolmas vuosi.

Edellisten PISA-tutkimuskierrosten tapaan jokainen opiskelija käytti PISA 2006 -kokeeseen kaksi tuntia vastaamalla yhteen koevihkoon. Kaikista koetehtävistä kerätään tietoa yhteensä 390 minuutin ajan. Tämä koetehtävien kokonaisuus on jaettu 13 erilliseen koevihkoon. Jokaiseen koevihkotyyppiin vastaa tarvittava määrä oppilaita, jotta eri osallistujamaiden oppilaiden ja oppilaiden osaryhmien (esimerkiksi tytöt ja pojat sekä sosiaaliselta ja taloudelliselta taustaltaan erilaiset oppilaat) osaamistasosta jokaisessa aihepiirissä voidaan tehdä perusteltu erittely. Oppilaat käyttävät lisäksi 30 minuuttia taustatietokysymyksiin vastaamiseen.

PISA-arviointi tuottaa kolmenlaisia tuloksia:

- Perustietoja, jotka kertovat oppilaiden tietojen ja taitojen yleisestä tasosta.
- Taustatietoja, jotka osoittavat oppilaiden tiedollisten ja taidollisten valmiuksien yhteyksiä erilaisiin väestöllisiin, sosiaalisiin, taloudellisiin ja koulutuksellisiin muuttujiin.
- Kehityssuuntia, jotka ilmenevät tämäntyyppisessä pitkäaikaisessa tutkimuksessa ja jotka kertovat oppilaiden osaamistulosten ja niihin liittyvien taustamuuttujien muutoksista.

Vaikka näiden tulosten avulla voidaan kiinnittää huomio olennaisiin asioihin, ne eivät kuitenkaan sellaisinaan tarjoa vastauksia koulutuspolitiittisiin kysymyksiin. Siksi varsinaisen PISA-tutkimuksen ohessa on alettu kehittää koulutuspolitiikkaan suuntautuneempaa tarkastelutapaa. OECD:n PISA-verkkosivuilta (www.pisa.oecd.org) löytyy tietoa näistä raporteista.



MIKSI PISA-TUTKIMUS ON AINUTLAATUINEN

PISA ei ole ensimmäinen kansainvälinen oppilaiden suorituksia vertaileva tutkimus. Muitakin tämän alan tutkimuksia on viimeisten 40 vuoden aikana tehty. Niitä ovat kehittäneet lähinnä International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA) sekä Educational Testing Servicen ohjelma International Assessment of Educational Progress (IAEP). Näissä tutkimuksissa on kuitenkin keskitytty suoraan opetussuunnitelmien mukaisiin lopputuloksiin ja vain niihin opetusohjelmien osiin, jotka ovat kaikille osallistujamaille yhteisiä. Täten niissä ei ole yleensä otettu huomioon vain yhden tai muutaman maan opetusohjelmien erikoisuuksia.

PISA-tutkimuksen ote on monella tapaa erilainen:

- Tutkimuksen *lähtökohta*: PISA on eri maiden hallitusten tekemä aloite, jonka lopputuloksilla pyritään edistämään koulutuspoliittista kehitystyötä.
- Tutkimuksen *säännöllisyys*: Sitoutuminen aihepiirien tutkimukseen ja niiden päivityksiin kolmen vuoden välein mahdollistaa osallistujamaiden oppimistavoitteiden säännöllisen ja pysyvän seurannan.
- Tutkimuksessa käsiteltävä *ikäluokka*: Arvioimalla oppivelvollisuuden loppuvaiheessa olevia nuoria saadaan hyvä yleiskuva koulutusjärjestelmien tuloksista. Vaikka useimmat OECD-maiden nuoret jatkavat kouluttautumista 15 ikävuoden jälkeenkin, he ovat silti tällöin jo perusopetuksen loppuvaiheessa ja seuranneet pitkälti samantyyppistä opetusohjelmaa. Siksi on perusteltua siinä vaiheessa tutkia, missä määrin nuoret ovat omaksuneet tietoja ja taitoja, jotka auttavat heitä selviämään jatko-opiskelussaan ja yleisesti tulevaisuudenpyrkimyksissään.
- Tutkitut *tiedot ja taidot*: PISA:ssa näitä ei määritellä ensisijaisesti kansallisten opetusohjelmien yhteisten osien avulla, vaan sen perusteella, mitä yleisiä taitoja tarvitaan tulevassa elämässä. Tämä on PISA-ohjelman kaikkein tärkein piirre. Koulujen opetusohjelmat on tavallisesti laadittu omaksuttavien tietomäärien ja tekniikoiden näkökulmasta. Niissä keskitytään vähemmän eri aihepiirien yleishyödyllisiin taitoihin, joita voitaisiin kehittää yleisemmin aikuiselämää varten. Näitä ovat esimerkiksi taito ratkaista ongelmia, soveltaa ideoita ja ymmärtää elämässä eteen tulevia tilanteita.

Laajempien kokonaisuuksien hallinnan ja osaamisen korostaminen on tärkeää, koska kansakunnat ovat kiinnostuneita kehittämään inhimillistä pääomaansa, jonka OECD määrittelee seuraavasti:

Yksilön tiedot, taidot ja muut ominaisuudet, jotka ovat tärkeitä henkilökohtaiselle, sosiaaliselle ja taloudelliselle hyvinvoinnille.

Inhimillinen pääoma on parhaimmillaankin aiemmin määriteltä ulkoisten tekijöiden, kuten suoritettujen tutkintojen avulla. Tällaisen määrittelytavan riittämättömyys käy ilmeiseksi, kun inhimillisen pääoman katsotaan sisältävän myös ne tekijät, joiden ansiosta ihminen kykenee täydesti osallistumaan aikuiselämäänsä sosiaalisessa ja demokraattisessa mielessä sekä oppimaan elinikäisesti.

Tutkimalla suoraan tietoja ja taitoja perusopetuksen loppuvaiheessa PISA-ohjelma selvittää nuorten valmiuksia aikuiselämäänsä sekä jossain määrin myös koulutusjärjestelmien tuloksellisuutta. Kunnianhimoisena tavoitteena on arvioida koulutusjärjestelmän tuloksia suhteessa taustalla oleviin (yhteiskunnan määrittelemiin) tavoitteisiin, eikä suhteessa jonkin tietyn tietomäärän opetukseen ja oppimiseen. Tällaista näkemystä opetustuloksista tarvitaan, kun halutaan kannustaa kouluja ja koulutusjärjestelmiä keskittymään nykypäivän haasteisiin.



YLEISKATSAUS ARVIOITAVIIN AIHEPIIREIHIN

Kehyksessä B esitetään määritelmät PISA 2006 -tutkimuksessa arvioituista kolmesta aihepiiristä. Määritelmässä painotetaan tietoja ja taitoja, jotka mahdollistavat aktiivisen osallistumisen yhteiskuntaan. Osallistumisella ei tarkoiteta vain esimerkiksi kykyä suoriutua työnantajan määräämistä tehtävistä, vaan sillä tarkoitetaan tietoja ja taitoja, joiden avulla voi ottaa osaa päätöksentekoprosesseihin. Useissa PISA-tutkimuksen tehtävissä oppilaita pyydetään pohtimaan ja arvioimaan asioita eikä vain vastaamaan kysymyksiin, joihin on olemassa jokin yksi oikea vastaus.

Kehys B ■ Aihepiirien määritelmät

Luonnontieteellinen osaaminen: Yksilön luonnontieteellinen tietous ja sen hyödyntäminen kykynä esittää luonnontieteellisiä kysymyksiä, hankkia uutta tietoa, selittää luonnontieteellisiä ilmiöitä ja tehdä näyttöön perustuvia päätelmiä; luonnontieteen ymmärtäminen osana inhimillistä tietoa; tietoisuus siitä, miten luonnontiede ja teknologia muokkaavat aineellista, älyllistä ja kulttuurista ympäristöämme; sekä halukkuus osallistua luonnontieteeseen liittyvien asioiden ja ideoiden käsittelyyn ajattelevana kansalaisena.

Lukemisen osaaminen: Yksilön kyky ymmärtää, hyödyntää ja arvioida kirjoitettua tekstiä saavuttaakseen päämääriään, kehittääkseen tietojaan ja lahjojaan sekä osallistuakseen yhteiskunnalliseen toimintaan.

Matemaattinen osaaminen: Yksilön kyky tunnistaa ja ymmärtää matematiikan merkitys ympäröivässä maailmassa, tehdä perusteltuja matemaattisia päätelmiä sekä käyttää ja soveltaa matematiikkaa tarpeen mukaan elämänsä varrella rakentavasti toimivana, vastuullisena ja ajattelevana kansalaisena.

Luonnontieteellinen osaaminen (ks. 1. luku) määritellään paitsi kyvyksi käyttää luonnontieteellistä tietoa ja ymmärtää luonnonympäristön ilmiöitä, myös kyvyksi osallistua luontoa koskeviin päätöksiin.

Luonnontieteellistä osaamista arvioidaan seuraavilta kolmelta kannalta:

- *Luonnontieteellinen tieto tai käsitteet:* Välineet, jotka auttavat ymmärtämään alan ilmiöitä. PISA-tutkimuksessa käytetään tuttuja fysiikkaan, kemiaan, biologiaan sekä avaruustutkimukseen liittyviä käsitteitä, mutta niitä ei pyritä pelkästään hakemaan ulkomuistista, vaan soveltamaan erilaisissa tilanteissa.
- *Luonnontieteelliset prosessit:* Keskitytään kykyyn hankkia ja tulkita tutkimustietoa sekä toimia sen perusteella. PISA-tutkimuksessa tarkasteltavat kolme prosessia liittyvät: a) luonnontieteellisten ilmiöiden kuvailemiseen, selittämiseen ja ennustamiseen, b) luonnontieteellisen tutkimuksen ymmärtämiseen ja c) luonnontieteellisten todisteiden ja johtopäätösten tulkittamiseen.
- *Tilanteet tai käyttöympäristöt:* Tarkastellaan luonnontieteellisen tiedon soveltamista ja luonnontieteellisten prosessien käyttämistä eri tilanteissa tai käyttöympäristöissä. Viitekehyksessä esitetään kolme luonnontieteen pääsovellusalueita: elämän ja terveyden vaaliminen, maapallo ja ympäristöasiat sekä teknologia.



Lukemisen osaaminen (ks. 2. luku) määritellään oppilaan kyvyksi ymmärtää, hyödyntää ja arvioida kirjoitettua tekstiä saavuttaakseen päämääriään. Lukemisen osaamista on tutkittu perusteellisesti jo aiemmin esimerkiksi kansainvälisessä aikuisten lukutaitotutkimuksessa (International Adult Literacy Survey, IALS). PISA-tutkimus tuo tarkasteluun uuden, aktiivisen ulottuvuuden – kyvyn paitsi ymmärtää, myös arvioida tekstiä itsenäisen ajattelun ja omien kokemusten avulla.

- *Tekstimuoto*: Oppilaiden lukutaitoa arvioitaessa on useimmiten käytetty pitkiä, jatkuvia tekstejä tai lausein ja kappalein jäsentyvää suorasanaista kerrontaa. PISA-tutkimuksessa hyödynnetään myös jatkumattomia tekstejä, joissa tieto esitetään toisin, vaikkapa luettelon, kaavion, taulukon tai kuvion muodossa. Lisäksi tutkimuksessa käytetään erilaisia suorasanaisten kerronnan lajeja, kuten kerronta (narraatio), esittely (ekspositio) ja todistelu (argumentaatio). Näin siksi, että oppilaat kohtaavat aikuis- ja työelämässään monenlaista kirjallista aineistoa (esim. hakemukset, lomakkeet, mainokset), jolloin heidän olisi hallittava muunkinlaisia tekstejä kuin niitä, joita tavallisesti koulussa käsitellään.
- *Lukemisprosessin vaiheet*: Arvioinnin kohteena ei ole oppilaiden peruslukutaito, koska oletettavasti suurin osa 15-vuotiaista oppilaista on sen jo hankkinut. Sen sijaan tutkitaan, kuinka hyvin oppilaat osaavat hakea tietoa, muodostaa lukemastaan yleiskuvan ja tulkita sitä sekä arvioida tekstin muotoa ja sisältöä.
- *Tilanteet*: Tilanteet määritellään laaditun tekstin käyttötarkoituksen perusteella. Esimerkiksi romaani, henkilökohtainen kirje tai elämäkerta kirjoitetaan lähinnä yksityiseen käyttöön, viralliset asiakirjat ja ilmoitukset julkiseen käyttöön, käyttöohjeet ja raportit ammatilliseen käyttöön sekä oppikirjat tai tehtävävihot koulutuskäyttöön. Koska jotkut lukemistilanteet saattavat suosia tiettyjä oppilasryhmiä, kokeessa on oltava erityyppisiä lukutehtäviä.

Matemaattisella osaamisella (ks. 3. luku) tarkoitetaan oppilaiden kykyä eritellä, päätellä ja viestiä ajatuksiaan tehokkaasti esittäessään, muotoillessaan, ratkoessaan ja tulkitessaan matemaattisia ongelmia eri tilanteissa.

- *Matemaattinen sisältö*: Sisältö määrittyy lähinnä neljän matemaattisen avainkäsitteen (*määrä, tila ja muoto, muutos ja suhteet* sekä *epävarmuus*) perusteella ja vasta toissijaisesti opetusohjelman osien, kuten lukujärjestelmien, algebran ja geometrian pohjalta.
- *Matemaattiset prosessit*: Prosesseja vastaavat yleiset matemaattiset taidot, kuten matemaattisen merkistön hallinta, mallintaminen ja ongelmanratkaisutaidot. Näitä taitoja ei kuitenkaan erotella erillisiksi koetehtäviksi, koska oletetaan, että minkä tahansa matemaattisen tehtävän ratkaisemiseen tarvitaan monenlaista osaamista. Siksi koekysymykset on ryhmitelty eräänlaisiksi taitokokonaisuuksiksi niiden vaatimien ajattelutaitojen mukaan.
- *Tilanteet*: Erilaiset matematiikan käyttötilanteet, jotka vaihtelevat sen mukaan, kuinka tuttu tai vieras kyseinen tilanne on oppilaille. Viitekehyksessä tunnistetaan viidenlaisia tilanteita: yksityisiä, koulutukseen liittyviä, ammatillisia, julkisia ja tieteellisiä.



TUTKIMUSTAPA JA RAPORTOINTI

Aiempien PISA-tutkimusten tapaan vuoden 2006 kokeissa käytettiin yksinkertaisesti kynää ja paperia. Arviointi sisälsi erilaisia kysymyksiä. Joissakin tehtävissä oppilaita pyydettiin valitsemaan tai antamaan yksinkertaisia vastauksia, joissa vain yksi vaihtoehto on oikein. Tällaisia ovat monivalintatehtävät ja suljetut tehtävät. Esimerkiksi kysymykseen ”Minä vuonna ensimmäinen ihminen astui Kuun pinnalle?” on olemassa selkeästi vain yksi oikea vastaus. Useimmiten tällä tavoin arvioidaan perustason osaamista. Toisissa, avoimissa tehtävissä, kysymykset olivat monitasoisempia ja niihin oppilaiden piti itse kehittää omat vastauksensa. Erona perinteisiin tutkimuksiin nähden tällaiset kysymykset on suunniteltu mittaamaan asioiden laajempaa hallintaa. Tällöin hyväksyttävien vastausten vaihtelukin on suurempaa ja arvostelussa otetaan huomioon myös osittain oikeat vastaukset.

Kaikki oppilaat eivät vastaa kaikkiin tutkimuksessa esiintyneisiin tehtäviin. PISA 2006 -tehtävät oli jaettu 13 osaamiskokonaisuuteen, joista jokainen on suunniteltu kestämään 30 minuuttia tutkimuksen kokonaiskestosta. Luonnontiedekokonaisuuksia oli seitsemän, lukemiskokonaisuuksia kaksi ja matematiikkakokonaisuuksia neljä. Nämä osaamiskokonaisuudet jaettiin 13 koevihkoon. Kukin vihko sisälsi neljä osaamiskokonaisuutta eri aihepiireistä. Jokaisessa 13 vihkossa oli ainakin yksi luonnontiedekokonaisuus. Jokainen oppilas sai ratkaistavakseen yhden vihkon, joka sisälsi neljä 30 minuutin mittaista osaamiskokonaisuutta, ja sen tekemiseen oli täten varattu kaksi tuntia.

PISA-tutkimuksessa osaamista arvioidaan tehtävillä, jotka koostuvat tausta-aineistosta (esim. teksti, taulukko, kaavio, kuviot) ja siihen liittyvistä kysymyksistä. Tämä on tärkeä piirre, koska kysymyksissä päästään näin syvemmälle asiaan kuin silloin, kun jokainen kysymys tuo esiin täysin uuden asiayhteyden tausta-aineistoihin. Oppilas saa aikaa sulatella aineistoa, jota taas voidaan samalla hyödyntää suorituksen eri osa-alueiden arvioimisessa.

PISA-tutkimuksen tulokset raportoidaan asteikolla, jossa keskiarvo on 500 ja kaikkien kolmen aihepiirin hajonta 100. Tämä tarkoittaa sitä, että OECD-maiden oppilaista kahden kolmasosan tulos on 400 ja 600 pisteen välillä. Lisäksi osaaminen voidaan esittää eri taitotasoina. *Lukemisen osaaminen* oli vuoden 2000 pääaihepiiri. Sen arviointiasteikko oli jaettu viiteen tietoa ja taitoja edustavaan tasoon. Tämän lähestymistavan suurin etu on, että sen avulla oppilaiden osaaminen eri tehtävissä voidaan yhdistää eri taitotasoihin. Tulokset esitettiin lukemisen kolmella osa-alueella: tiedonhaussa, tekstien tulkitsemisessa sekä pohdinnassa ja arvioinnissa. Taitotasoasteikko on olemassa myös *matemaattisessa* ja *luonnontieteellisessä osaamisessa*. PISA 2003 -tutkimuksessa tätä lähestymistapaa kehitettiin edelleen määrittelemällä matemaattisen osaamisen asteikolle kuusi taitotasoa samaan tapaan kuin aiemmin lukemisen osaamisessa. *Matemaattista osaamista* tarkasteltiin neljällä osa-alueella, jotka olivat *tila ja muoto, muutos ja suhteet, määrät ja epävarmuus*. *Luonnontieteellinen osaaminen* raportoidaan samaan tapaan ja niin ikään esitellen eri osa-alueiden tuloksia. PISA 2003 -tutkimuksessa oli ensi kertaa mahdollisuus esittää *lukemisen, matemaattisen ja luonnontieteellisen osaamisen* kehityssuuntia. PISA 2006 -tutkimus tarjoaa jatkoa tähän erittelyyn.



TAUSTATIELOMAKKEET JA NIIDEN KÄYTTÖ

PISA-tutkimuksessa pyydetään taustatietoja oppilailta ja heidän koulujensa rehtoreilta. Tiedot kerätään kyselylomakkeella, jonka täyttäminen kestää noin 30 minuuttia. Taustatietolomakkeet ovat erittäin tärkeitä osaamistulosten erittelyssä tarjotessaan tietoa oppilaan ja koulun ominaispiirteistä. Vuosina 2000 ja 2003 käytetyt kyselylomakkeet ovat nähtävillä PISA-verkkosivuilla osoitteessa www.pisa.oecd.org.

Lomakkeilla kerätään seuraavia tietoja:

- Oppilaiden perhetausta ja siihen liittyvä taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen pääoma.
- Oppilaiden elämään liittyvät asiat, esimerkiksi heidän asenteensa oppimiseen, tavat ja tottumukset koulussa sekä perheympäristö.
- Tiedot koulusta, esimerkiksi koulun aineellisten ja henkilöstöresurssien laatu, julkinen ja yksityinen sääntely ja rahoitus, päätöksentekoprosessit ja henkilöstöpolitiikka.
- Oppimisympäristö, esimerkiksi institutionaaliset rakenteet, luokkakoko, vanhempien osallistumisen taso.
- Itsenäisen oppimisen strategiat, motivaation kohteet ja tavoitteellisuus, oppijan kognitiiviset mekanismit, toiminnan hallinnan strategiat, oppimistilanteita koskevat mieltymykset, oppimistyyli ja sosiaaliset taidot.
- Opetukseen ja oppimiseen liittyvät asiat luonnontieteiden osalta: oppilaiden motivaatio, harrastuneisuus ja luottamus luonnontieteisiin sekä luonnontieteiden opetukseen ja oppimiseen liittyvien oppimisstrategioiden vaikutus saavutuksiin.

Tarjolla oli lisäksi kaksi vapaaehtoisesti täytettävää kansainvälistä kyselylomaketta:

- Tietokoneen käytön tuttuutta koskeva lomake, jonka ydinsisältönä on: a) tieto- ja viestintätekniikan (ICT) saatavuus ja käyttö, esimerkiksi missä tätä tekniikkaa useimmiten käytetään sekä mihin tarkoitukseen, b) tieto- ja viestintätekniikkaa koskeva luottamus ja asenteet, esimerkiksi tietotekninen osaaminen sekä asenteet tietokoneita kohtaan sekä c) tieto- ja viestintätekniikkaa koskeva oppimistausta; missä oppilaat ovat oppineet käyttämään tietokonetta ja internetiä. OECD julkaisi vuonna 2003 raportin *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us* (OECD, 2005), joka on kooste tällä kyselylomakkeella saaduista tiedoista.
- Vanhempien kyselylomake, jossa käsitellään oppilaan aiempaa luonnontieteellistä harrastuneisuutta, vanhempien näkemystä oppilaan koulusta, heidän näkemystään luonnontieteestä oppilaan ammattiurana sekä luonnontieteellisten tietojen ja taitojen merkityksestä työmarkkinoilla, näkemyksiä luonnontieteistä ja ympäristöstä sekä koulutuspalvelujen kustannuksista. Lisäksi kysytään vanhempien oma koulutustausta ja ammatti.

Taustatiedot, joita kerätään oppilaan ja koulun taustatietolomakkeilla sekä vapaaehtoisilla tietokoneen käytön tuttuus- ja vanhempien kyselylomakkeilla, edustavat vain osaa PISA-tutkimuksen käytettävissä olevista tiedoista. Tietoja koulutusjärjestelmien sisällöstä ja yleisrakenteesta sekä niiden vaikutuksista työmarkkinoihin kehitetään ja sovelletaan OECD:ssä jo rutiininomaisesti (esim. *Education at a Glance – OECD indicators* vuodesta 2001 alkaen).



PISA-YHTEISTYÖN RAKENNE JA VIITEKEHYSTEN TARKOITUS

PISA on OECD:n jäsenmaiden hallitusten yhteishanke, jonka tavoitteena on tuottaa uudentyyppisiä ja toistuvia arvioita oppilaiden osaamisesta. Arvioinnit kehitetään osallistujamaiden kanssa yhteistyössä ja kunkin maan organisaatiot toteuttavat ne. Osallistuvien koulujen oppilaiden, opettajien ja rehtorien rakentava yhteistyö on ollut olennaisen tärkeää PISA-tutkimusten onnistumiselle ohjelman kaikissa kehitys- ja toteuttamisvaiheissa.

PISA-ohjelman ylin päätöksentekoeelin PISA Governing Board (PGB) koostuu osallistujamaiden opetusministeriöiden edustajista. Se määrittelee OECD:n tavoitteiden perusteella PISA-ohjelman koulutuspoliittiset sisällöt sekä valvoo niiden noudattamista ohjelman toteutuksen aikana. PGB:n työhön kuuluu indikaattorien kehittäminen, arviointivälineiden luominen ja tulosten raportointia koskevien tavoitteiden määrittelemine. Osallistujamaiden asiantuntijat ottavat osaa myös työryhmiin, joiden vastuulla on yhdistää PISA-ohjelman koulutuspoliittiset tavoitteet parhaaseen kansainvälisesti saatavilla olevaan tekniseen asiantuntemukseen arvioinnin eri aihepiireissä. Asiantuntijaryhmiin osallistumalla maat varmistavat, että käytetyt välineet ovat kansainvälisesti toimivia ja että niissä otetaan huomioon OECD-jäsenmaiden erilaiset kulttuuriset ja koulutukselliset ympäristöt. Näin varmistetaan myös se, että arviointiaineistot tuottavat hyviä mittareita, että ne on luotu yksimielisesti ja että ne ovat koulutuspoliittisesti olennaisia.

Kukin osallistujamaa toteuttaa PISA-tutkimusta kansallisen projektipäällikön (National Project Manager, NPM) kanssa sovittuja hallintokäytäntöjä noudattaen. Kansallisten projektipäälliköiden osuus tutkimuksen laadun varmistamisessa on erittäin tärkeä. Projektipäälliköt myös varmentavat ja arvioivat kyselyjen tuloksia, analyysseja, raportteja ja julkaisuja.

Kansainvälisestä koordinoinnista ja toteutuksesta vastaa PGB:n tekemän kilpailutuksen perusteella työyhteisliittymä. Tällä kertaa sitä johtaa ACER (Australian Council for Educational Research). Muita yhteenliittymän kumppaneita ovat CITO (National Institute for Educational Measurement) Alankomaista, WESTAT ja ETS (Educational Testing Service) Yhdysvalloista sekä NIER (National Institute for Educational Policy Research) Japanista.

OECD:n sihteeristö on kokonaisvastuussa ohjelman hallinnoimisesta. Se seuraa ohjelman toteutusta päivittäin, toimii PGB:n sihteeristönä, rakentaa konsensusta maiden välillä sekä toimii PGB:n ja toteutuksesta vastaavan kansainvälisen yhteenliittymän koordinaattorina. OECD:n sihteeristön vastuulla on myös indikaattorien tuottaminen sekä kansainvälisten raporttien ja julkaisujen analysointi ja laadinta yhteistyössä PISA-yhteenliittymän kanssa. Sihteeristö toimii läheisessä vuorovaikutuksessa jäsenmaiden kanssa niin koulutuspolitiikan tasolla (PGB) kuin toteutuksen tasollakin (kansalliset projektipäälliköt).

PISA-viitekehyksiä on jatkuvasti kehitetty ohjelman alusta (1997) lähtien. Työssä voidaan nähdä seuraavia vaiheita:

- Kehitettiin arvioinnin aihepiireille toimivat määritelmät ja jäsennettiin näiden määritelmien taustaoletukset.
- Jäsennettiin laaditut tehtävät siten, että niiden avulla voidaan raportoida päätöksentekijöille ja tutkijoille aihepiireittäin saatuja tuloksia, ja tunnistettiin tehtävien laadinnassa keskeiset huomioon otettavat seikat, jotta ne sopivat kansainväliseen käyttöön.



- Jäsennettiin tehtävien keskeiset ominaisuudet niin, että määritelmät perustuvat olemassa olevaan kirjallisuuteen sekä muista laajamittaisista arvioinneista saatuihin kokemuksiin.
- Laadittiin muuttujat ja arviointikäytännöt siten, että eri osallistujamaat voivat selkeästi arvioida niitä omalta kannaltaan.
- Kehitettiin tulosten tulkintakehikko.

Paitsi että viitekehysten rakentaminen ja perustelu jokaiselle aihepiirille erikseen parantaa tutkimusmenetelmän mittaussäkyä, siitä voi koitua muutakin hyötyä:

- Viitekehys antaa yhteisen kielen ja keinon keskustella arvioinnin tarkoituksesta ja siitä, mitä pyritään mittaamaan. Tällainen keskustelu edesauttaa konsensuksen kehittymistä viitekehyksestä ja mittaustavoitteista.
- Onnistuneeseen oppimissuoritukseen liittyvien tietojen ja taitojen erittely tarjoaa perustan standardien ja taitotasojen määrittelylle. Kun käsitys mittauskohteesta tarkentuu ja säky tulkita pisteitä tietyllä asteikolla vahvistuu, kehittyy yhä rikastuva empiirinen tietopohja, josta on hyötyä monella taholla.
- Onnistuneen suorituksen taustalla olevien muuttujien tunnistaminen ja ymmärtäminen auttaa hahmottamaan sitä, mitä ollaan mittaamassa, ja yhä parantamaan arviointitapaa ajan kuluessa.

Kun ymmärrämme paremmin, mitä kerromme oppilaista, saamme luotua tärkeän yhteyden politiikan, arvioinnin ja tutkimuksen välille. Tällöin kerätystä tiedosta on kasvavassa määrin hyötyä.

Luonnontieteellinen osaaminen



JOHDANTO

Luonnontieteellisen osaamisen arvioinnilla on erityinen merkitys vuoden 2006 PISA-tutkimuksessa, jossa se on pääaihepiirinä. Koska luonnontieteellistä osaamista mitataan nyt ensimmäistä kertaa näin yksityiskohtaisesti, aihepiiriä on kehitetty huomattavasti sitten vuoden 2003 tutkimuksen. Myös tulkintaa arvioitavista asioista on laajennettu. Kyse ei ole ainoastaan luonnontieteellisen osaamisen yksityiskohtaisemmasta kuvauksesta, vaan myös tärkeästä lähestymistavan uudistuksesta, jolla on merkitystä koko tulevan PISA-tutkimuksen kannalta. Kognitiivisten kykyjen ja tietojen mitaamisen ohella pääarviointiväline sisältää nyt ensimmäistä kertaa asennekysymyksiä. Tutkimalla, missä määrin oppilaat ovat kiinnostuneita koetehtävissä esiintyvistä aiheista, voidaan paremmin arvioida asenne- ja motivaatiotekijöitä, jotka vaikuttavat heidän suhtautumiseensa luonnontieteisiin tulevaisuudessa. Aiemmin asenteista kyseltiin vain erillisellä lomakkeella, jossa oli yleisluontoisia kysymyksiä kiinnostuksesta ja motivaatiosta.

Luonnontieteen ja tekniikan ymmärrys on olennaisen tärkeää nuorelle, joka valmistautuu elämään nyky-yhteiskunnassa. Tämä ymmärrys mahdollistaa yksilön täyden osallistumisen yhteiskuntaan, jossa luonnontiede ja teknologia ovat keskeisellä sijalla. Se antaa yksilöille myös mahdollisuuden osallistua poliittiseen keskusteluun omaan elämään vaikuttavissa luonnontieteen ja tekniikan kysymyksissä. Luonnontieteen ja tekniikan ymmärrys myötävaikuttaa merkittävästi jokaisen ihmisen henkilökohtaiseen, sosiaaliseen, ammatilliseen ja kulttuuriseen elämään.

Suuri osa ihmisten arkielämässään kohtaamista tilanteista, ongelmista ja asioista edellyttää jonkinlaista luonnontieteen ja tekniikan tuntemusta ennen kuin niitä voi täysin ymmärtää tai käsitellä. Luonnontieteeseen ja tekniikkaan liittyvät kysymykset koskettavat ihmisiä henkilökohtaisella, yhteisöllisellä, kansallisella ja jopa maailmanlaajuisella tasolla. Siksi maiden johtajia tulisi rohkaista pohtimaan, millaiset valmiudet oman maan kaikilla kansalaisilla on käsitellä näitä asioita. Ratkaisevaa on nuorten suhtautuminen luonnontieteellisiin kysymyksiin koulun päättyessä. 15-vuotiaille tehty arviointi näyttää suuntaa siitä, miten nuoret ehkä myöhemmin elämässään reagoivat niihin moninaisiin tilanteisiin, joihin liittyy luonnontiedettä ja tekniikkaa.

Lienee perusteltua ottaa 15-vuotiaiden oppilaiden kansainvälisen arvioinnin lähtökohdaksi seuraava kysymys: ”Mitä kansalaisten on tärkeää tietää, arvostaa ja kyetä tekemään tilanteissa, joihin liittyy luonnontiedettä ja tekniikkaa?” Vastaus tähän kysymykseen luo pohjan oppilaiden arvioinnille juuri näissä asioissa, sillä oppilaiden tämänhetkiset tiedot, arvot ja kyvyt liittyvät siihen, mitä tulevaisuudessa tarvitaan. Vastauksessa ovat keskeisiä PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteellisen osaamisen määritelmässä esitetyt ydintaidot. Kysymys on siitä, miten hyvin oppilas

- tunnistaa luonnontieteellisiä ilmiöitä
- selittää ilmiöitä luonnontieteellisesti
- käyttää luonnontieteellistä todistusaineistoa.

Nämä taidot edellyttävät oppilailta toisaalta tietoa, kognitiivista osaamista, ja toisaalta asenteita, arvoja ja kiinnostusta heidän kohdatessaan luonnontieteeseen liittyviä kysymyksiä ja reagoidessaan niihin.

Ei vaikuta kovin monimutkaiselta määritellä, mitä kansalaisten tulisi tietää, arvostaa ja kyetä tekemään luonnontieteeseen ja tekniikkaan liittyvissä tilanteissa. Tämä herättää kuitenkin kysymyksiä



luonnontieteen ymmärtämisestä eikä tarkoita kaiken luonnontieteellisen tiedon hallintaa. Tätä viitekehystä ohjaa näkemys siitä, mitä kansalaiset tarvitsevat. Millaista tietoa kansalainen eniten tarvitsee? Vastaus sisältää varmasti luonnontieteiden peruskäsitteet, mutta tuota tietoa on käytettävä yksilöiden todellisen elämän yhteyksissä. Ihmiset kohtaavat myös usein tilanteita, joissa tarvitaan tiettyä ymmärrystä luonnontieteestä prosessina, joka tuottaa tietoa ja esittää selityksiä luonnosta¹. Ihmisten tulisi niin ikään olla tietoisia luonnontieteen ja tekniikan toisiaan täydentävästä suhteesta ja siitä, miten syvästi luonnontieteisiin perustuva teknologia vaikuttaa nykyelämän luonteeseen.

Mitä kansalaisten on tärkeää arvostaa luonnontieteessä ja teknologiassa? Vastaukseen tulisi sisältyä luonnontieteen ja siihen perustuvan teknologian aikaansaama hyöty yhteiskunnalle sekä niiden merkitys monissa henkilökohtaisissa, sosiaalisissa ja globaaleissa ympäristöissä. On varmasti järkevää olettaa ihmisten olevan kiinnostuneita luonnontieteistä, kannattavan luonnontieteellistä tutkimusta ja toimivan vastuullisesti luonnonvaroja ja ympäristöä ajatellen.

Mitä luonnontieteisiin liittyvää ihmisten on tärkeää kyetä tekemään? Ihmisten on usein tehtävä päätelmiä saamansa todistusaineiston ja tiedon pohjalta, arvioitava muiden esittämiä väitteitä tarjolla olevan todistusaineiston perusteella sekä osattava erottaa henkilökohtaiset mielipiteet todisteisiin perustuvista lausunnoista. Usein tämä todistusaineisto on luonnontieteellistä, mutta luonnontieteellä on yleisempääkin merkitystä, koska siinä on kyse ajatusten ja teorioiden rationaalisesta tarkastelusta todistusaineiston avulla. Tämä ei tietenkään sulje pois luovuutta ja mielikuvitusta, jotka ovat aina edistäneet merkittävästi ihmisen ymmärrystä maailmasta.

Osaavatko kansalaiset erottaa tieteellisesti perusteltuja väitteitä niistä, jotka eivät sitä ole? Rivi-kansalaisten ei yleensä tarvitse arvioida tieteen pääteorioiden tai mahdollisten edistysaskelten arvoa. He tekevät kuitenkin päätöksiä mainoksissa esitettyjen faktojen, lakiasioiden todistusaineiston, terveyttään koskevan informaation sekä paikallista ympäristöä ja luonnonvaroja koskevien asioiden perusteella. Koulutetun henkilön tulisi kyetä erottamaan tieteellisesti vastattavissa olevat kysymykset ja luonnontieteisiin perustuvan tekniikan keinoin ratkaistavissa olevat ongelmat niistä, joita ei voi ratkaista tällä tavoin.

AIHEPIIRIN MÄÄRITELMÄ

Nykyinen käsitys luonnontieteellisen kasvatuksen toivotuista tuloksista painottaa alan tietoa (mukaan lukien tieteellisen tutkimustavan tuntemus) ja alan yhteiskunnallisen merkityksen arvostamista. Nämä tulokset edellyttävät sekä tärkeiden luonnontieteellisten käsitteiden ja selitysten että luonnontieteen vahvuuksien ja rajoitusten ymmärtämistä. Tämä merkitsee kriittistä asennetta ja pohdiskelevaa lähestymistapaa luonnontieteeseen (Millar ja Osborne, 1998).

Tällaiset tavoitteet näyttävät suuntaa luonnontieteelliselle kasvatukselle ja sen painopisteelle kaikissa maissa (Fensham, 1985). PISA 2006 -tutkimuksessa arvioidut taidot ovat laaja-alaisia ja sisältävät henkilökohtaiseen hyötyyn, sosiaaliseen vastuuseen sekä luonnontieteellisen tiedon itseis- ja väli-nearvoon liittyviä ulottuvuuksia.

Näistä asioista koostuu PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnin ydin: arvioinnissa tulisi keskittyä taitoihin, jotka ilmentävät, mitä 15-vuotiaat oppilaat tietävät, arvostavat ja kykenevät tekemään normaaleissa henkilökohtaisissa, sosiaalisissa ja globaaleissa käyttöympäristöissä. Tämä näkökulma poikkeaa pelkästään koulun luonnontieteen opetusohjelmaan ja yleensä luonnontieteen



oppiaineisiin perustuvasta arvioinnista. Mukana on kuitenkin niin kouluun kuin ammatillisiin ympäristöihin sijoitettuja tehtäviä, ja luonnontieteellisille oppiaineille ominaisten tietojen, menetelmien, asenteiden ja arvojen merkitys toki tunnustetaan. PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnin kokonaistavoitteita kuvaa parhaiten termi *luonnontieteellinen osaaminen* (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber ja Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1983; UNESCO, 1993).

PISA 2006 -tutkimuksessa pyritään arvioimaan oppilaiden *luonnontieteellisen osaamisen* sekä kognitiivista että affektiivista osaa. Kognitiiviseen osaan sisältyy oppilaiden tieto ja kyky käyttää sitä tehokkaasti suorittaessaan tiettyjä kognitiivisia prosesseja, jotka ovat ominaisia luonnontieteelle ja henkilökohtaisesti, sosiaalisesti tai globaalisti merkityksellään tieteelliselle tutkimukselle. Luonnontieteellisiä taitoja arvioitaessa PISA:ssa ollaan kiinnostuneita asioista, joita luonnontieteellinen tieto voi edistää ja joita koskevaan päätöksentekoon oppilaat osallistuvat joko nyt tai tulevaisuudessa. Luonnontieteellisten taitojen näkökulmasta katsottuna oppilaat vastaavat näihin kysymyksiin sen mukaan, kuinka hyvin he ymmärtävät asiaankuuluvaa luonnontieteellistä tietoa, osaavat hankkia ja arvioida tietoa, tulkitsevat asiaan liittyvää todistusaineistoa sekä tunnistavat asian luonnontieteelliset ja teknologiset ulottuvuudet (Koballa, Kemp ja Evans, 1997; Law, 2002). PISA:ssa arvioidaan myös ei-kognitiivisia seikkoja eli oppilaiden affektiivista suhtautumista. Oppilaiden asenteet vaikuttavat heidän mielenkiintoonsa, ylläpitävät kiinnostusta ja motivoivat toimimaan (Schibeci, 1984). Näiden pohdintojen perusteella voidaan määritellä PISA 2006 -tutkimuksen *luonnontieteellisen osaamisen* aihepiirikokonaisuus.

Kehys 1.1 ■ PISA 2006 Luonnontieteellinen tieto

Käsitettä ”luonnontieteellinen tieto” käytetään tässä viitekehyksessä kattamaan sekä *tietoa luonnontieteen sisällöistä* että *tietoa luonnontieteen menetelmistä*. *Tieto luonnontieteen sisällöistä* viittaa tietoon luonnosta fysiikan, kemian, biologian, avaruustieteen ja luonnontieteisiin perustuvan teknologian pääalueilla. *Tieto luonnontieteen menetelmistä* viittaa tietoon luonnontieteen välineistä (luonnontieteellinen tutkimus) ja sen tavoitteista (luonnontieteelliset selitykset).

Termi *luonnontieteellinen osaaminen* on valittu, koska sen katsotaan edustavan kaikkia oppilaita koskevan luonnontieteellisen kasvatuksen tavoitteita. Se kuvastaa luonnontieteellisen kasvatuksen päämääriä ja soveltavaa luonnetta. Se edustaa luonnontieteellisen tiedon ja luonnontieteelliseen tutkimukseen liittyvien kognitiivisten kykyjen jatkumoa. Siihen sisältyy monia ulottuvuuksia ja se kattaa luonnontieteen ja teknologian väliset suhteet. Yhdessä nämä määritellyt luonnontieteelliset ydintaidot luonnehtivat luonnontieteellisen osaamisen perustan ja PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnin tavoitteen – arvioida, missä määrin näitä taitoja on kehitetty (Bybee, 1997a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer ja Kumano, 2002).

Luonnontieteellisen osaamisen ulottuvuudet

Käyttämällä termiä ”luonnontieteellinen osaaminen” ”luonnontieteen” sijaan PISA 2006 -tutkimuksessa korostetaan sitä, että luonnontieteen arvioinnissa painotetaan tiedon soveltamista tosielämän tilanteisiin perinteisen koulussa opitun tiedon toistamisen sijasta. Tiedon tarkoituksenmukainen



Kehys 1.2 ■ PISA 2006 *Luonnontieteellinen osaaminen*

PISA 2006 -tutkimuksessa *luonnontieteellinen osaaminen*² tarkoittaa yksilön

- luonnontieteellistä tietoa ja sen käyttöä alan kysymysten tunnistamiseen, uuden tiedon hankkimiseen, luonnontieteellisten ilmiöiden selittämiseen ja todistusaineistoon perustuvien päätelmien tekemiseen luonnontieteeseen liittyvissä asioissa
- ymmärrystä luonnontieteen ominaispiirteistä yhtenä inhimillisen tiedon ja tutkimuksen muotona
- tietoisuutta siitä, miten luonnontiede ja teknologia muovaavat aineellista, henkistä ja kulttuurista ympäristöämme
- halukkuutta käsitellä luonnontieteeseen liittyviä kysymyksiä ja pohdiskella tätä aihepiiriä.

käyttö edellyttää luonnontieteelle ja luonnontieteelliselle tutkimukselle ominaisten prosessien soveltamista (luonnontieteelliset taidot), ja sitä säätelevät yksilön luonnontieteellisiä asioita kohtaan tuntema arvostus ja kiinnostus sekä niihin liittyvät arvot ja toiminta. Oppilaan kykyyn harjoittaa luonnontieteellisiä taitoja sisältyy sekä tieto luonnontieteiden sisällöistä että ymmärrys luonnontieteen ominaispiirteistä tiedonhankkimiskeinona (tieto luonnontieteiden menetelmistä). Määritelmässä tunnistetaan niin ikään se, että näiden taitojen käyttövalmius riippuu yksilön luonnontiedettä koskevista asenteista ja halukkuudesta käsitellä luonnontieteellisiä asioita. Ei-kognitiivisia seikkoja, kuten motivaatiota, pidetään siis myös taitoina.

Tieto ja sen käyttö kysymysten tunnistamiseen, uuden tiedon hankkimiseen, luonnontieteellisten ilmiöiden selittämiseen ja todistusaineistoon perustuvien päätelmien tekemiseen

Luonnontieteellisen osaamisen määritelmän mukainen tieto on paljon muutakin kuin vain kykyä muistaa informaatiota, faktoja ja nimiä. Määritelmä kattaa tiedon luonnontieteiden sisällöstä (tieto luonnosta) ja tiedon alan menetelmistä. Edelliseen kuuluu luonnontieteen peruskäsitteiden ja teorioiden ymmärtäminen, jälkimmäiseen puolestaan ymmärrys luonnontieteen luonteesta ihmisen toimintana sekä ymmärrys luonnontieteellisen tiedon mahdollisuuksista ja rajoista. On tunnistettava kysymykset, joihin voidaan vastata luonnontieteellisen tutkimuksen avulla. Tämä edellyttää jälleen niin tietoa luonnontieteiden menetelmistä kuin myös kulloisestakin luonnontieteen alueesta. *Luonnontieteellisen osaamisen* määritelmän kannalta on merkittävää, että yksilöiden on usein hankittava uutta tietoa, ei omien tieteellisten tutkimustensa avulla, vaan hyödyntämällä esimerkiksi kirjastoa ja internetiä. Todistusaineistoon perustuvien päätelmien tekeminen tarkoittaa tietoa-aineiston tuntemista, valitsemista ja arvioimista tietäen, ettei informaatiota useinkaan ole riittävästi ehdottomien päätelmien tekemiseksi. Tällöin on välttämätöntä pohtia huolellisesti ja tietoisesti sitä tietoa, mikä on käytettävissä.

Käsitys luonnontieteen ominaispiirteistä inhimillisen tiedon ja tutkimuksen muotona

Luonnontieteellinen osaaminen tarkoittaa, että oppilaille on tietty ymmärrys siitä, miten tutkijat hankkivat tietoa ja esittävät selityksiä. He tunnistavat luonnontieteellisen tutkimuksen keskeiset piirteet ja tietävät, millaisia vastauksia luonnontieteeltä voi kohtuudella odottaa. Tutkijat esimerkiksi



tekevät havaintoja ja kokeita kerätäkseen tietoa kohteistaan, eliöistä ja luonnon ilmiöistä. Tietojen perusteella muodostetaan selityksiä, joista tulee yleistietoa hyödynnettäväksi monenlaisessa inhimillisessä toiminnassa. Luonnontieteen keskeisiä piirteitä ovat ensinnäkin tiedon kerääminen ja käyttö. Tiedonkeruuta ohjaavat ajatukset ja käsitteet (joskus hypoteesin muodossa) sekä tiedonkeruumenetelmän laatuvaatimukset kuten pätevyys, käyttöympäristön huomioon ottaminen ja tarkkuus. Keskeisiä piirteitä ovat myös tiedollisten väittämien alustava luonne, avoimuus uudelleenarvioinnille, perustelujen loogisuus sekä velvoite liittää asiat nykyiseen ja aiempaan tietoon ja raportoida todistusaineiston hankinnassa käytetyt menetit ja menettelytavat.

Käsitys luonnontieteestä ja teknologiasta aineellisen, henkisen ja kulttuurisen ympäristömme muovaajina

Keskeistä on käsitys luonnontieteestä ihmisen toimintana, joka vaikuttaa niin yhteiskuntiin kuin ihmisiin yksilöinä. Teknologinen kehitys on myös ihmisen toimintaa (Fleming, 1989). Vaikka luonnontieteen ja tekniikan päämäärät, prosessit ja tuotteet ovat jossain määrin erilaiset, niiden suhde on läheinen ja ne täydentävät toisiaan. *Luonnontieteellisen osaamisen* määritelmä ottaa huomioon tämän tieteen ja tekniikan luonteen sekä niiden toisiaan täydentävän suhteen. Yksilöinä teemme poliittisia päätöksiä, jotka vaikuttavat luonnontieteen ja tekniikan kehityssuuntiin. Luonnontieteellä ja teknologialla on yhteiskunnassa ristiriitainen rooli, sillä niiden keinoin saadaan vastauksia kysymyksiin ja ratkaisuja ongelmiin, mutta saatetaan myös aiheuttaa uusia kysymyksiä ja ongelmia.

Halukkuus käsitellä luonnontieteisiin liittyviä kysymyksiä ja pohdiskella tätä aihepiiriä

Väittämän alkuosan merkitys on laajempi kuin vain asioiden havainnoiminen ja tarvittaessa toimeen tarttuminen; se tarkoittaa jatkuvaa kiinnostusta osallistua nykyisten ja tulevien luonnontieteen liittyvien kysymysten käsittelyyn sekä muodostaa niistä mielipiteitä. Väittämän jälkimmäinen osa kattaa erilaiset suhtautumistavat ja arvot, joita yksilöillä voi olla luonnontieteitä kohtaan. Siinä tarkoitetaan yksilöä, joka on kiinnostunut luonnontieteellisistä aiheista, miettii aihepiirin kysymyksiä, kantaa huolta teknologiaan, luonnonvaroihin ja ympäristöön liittyvistä ongelmista sekä pohtii luonnontieteen henkilökohtaista ja yhteiskunnallista merkitystä.

Luonnontieteellisessä osaamisessa hyödynnetään väistämättä matemaattista ja lukemisen osaamista (Norris ja Phillips, 2003). Oppilas esimerkiksi tarvitsee *lukemisen osaamista*, jotta voisi ymmärtää luonnontieteellistä käsitteistöä. Vastaavasti tietoja tulkitessa tarvitaan jonkin verran *matemaattista osaamista*. Näiden kahden muun osaamisalueen limittymistä PISA 2006 -tutkimuksen *luonnontieteellisen osaamisen* määritelmään ja arviointiin ei voida välttää, mutta jokaisen tehtävän ytimenä on kuitenkin selkeästi *luonnontieteellinen osaaminen*.

Luonnontieteellisen osaamisen määritelmää on täsmennetty ja paranneltu vuosien 2000 ja 2003 PISA-tutkimuksiin verrattuna. Näissä kahdessa edellisessä arviointitutkimuksessa, joissa luonnontiede oli sivuaihepiirinä, *luonnontieteellinen osaaminen* määriteltiin seuraavasti:

Luonnontieteellinen osaaminen on kykyä käyttää luonnontieteellistä tietoa, tunnistaa kysymyksiä ja tehdä todistusaineistoon perustuvia päätelmiä, jotta voisi ymmärtää luontoa ja ihmisen toiminnan sille aiheuttamia muutoksia sekä tehdä tarkoituksenmukaisia päätöksiä. (OECD, 1999, 2000, 2003a.)



Vuosien 2000, 2003 ja 2006 määritelmien alkuperäiset väittämät ovat pohjimmiltaan samat siltä osin, että niissä on keskeistä yksilöiden luonnontieteellisen tiedon käyttö päätelmien teossa. Vuosien 2000 ja 2003 määritelmässä termi luonnontieteellinen tieto kattoi tiedon luonnontieteiden sisällöistä ja alan menetelmien ymmärtämisen, kun taas vuoden 2006 määritelmässä tätä *luonnontieteellisen osaamisen* puolta erotellaan ja täsmennetään lisäämällä termejä, jotka korostavat oppilaiden tietoa luonnontieteen ominaispiirteistä. Molemmissa määritelmissä puhutaan luonnontieteellisen tiedon soveltamisesta, niin että yksilö voi ymmärtää luontoa ja tehdä perusteltuja ratkaisuja. PISA 2006 -tutkimuksessa määritelmän tätä osaa on paranneltu lisäämällä siihen tieto luonnontieteen ja teknikan välisestä suhteesta – *luonnontieteellisen osaamisen* alue, jota ei aiemmassa määritelmässä ilmaistu yhtä selkeästi. Nykymaailmassa luonnontiede ja teknologia liittyvät läheisesti toisiinsa ollen usein vuorovaikutuksessa keskenään.

PISA 2006 -tutkimuksessa *luonnontieteellisen osaamisen* määritelmää on laajennettu entisestä ottamalla selkeästi mukaan oppilaiden asenteet luonnontieteellisiin ja teknologisiin kysymyksiin. Tiivistetysti voidaan todeta, että vuoden 2006 määritelmä on käsitteellisessä sopusoinnussa vuoden 2000 ja 2003 määritelmän kanssa, ainoana poikkeuksena asenteita koskeva lisäys. Asenteita mittaava osuus raportoidaan kuitenkin erikseen, eikä se siis vaikuta kognitiivisen osuuden vertailukelpoisuuteen myöhemminkään. Muut muutokset, kuten käsitteellinen tarkennus siihen, mitä on tieto luonnontieteiden ja siihen perustuvan teknologian menetelmistä, edustavat korostunutta painotusta asioihin, jotka sisältyivät tai joiden otaksuttiin sisältyvän aiempaankin määritelmään.

AIHEPIIRIN JÄSENTÄMINEN

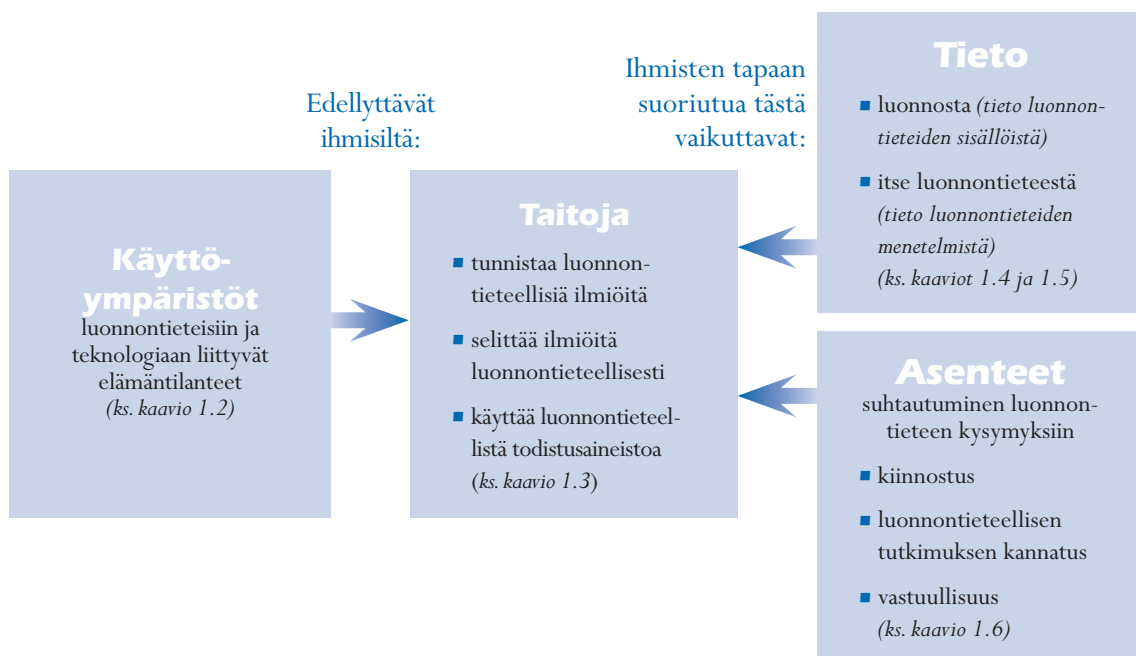
Edellä esitetyn määritelmänsä mukaan *luonnontieteellinen osaaminen* voidaan nähdä jatkumona alkeellisemmasta yhä kehittyneempään – yksilöillä katsotaan siis olevan enemmän tai vähemmän luonnontieteellistä osaamista; heitä ei pidetä joko luonnontieteellisesti osaavina tai täysin osaamattomina (Bybee, 1997a ja 1997b). Niinpä esimerkiksi oppilas, jolla ei ole kovin paljon *luonnontieteellistä osaamista*, saattaa pystyä muistamaan yksinkertaista alan asiantietoa ja soveltamaan alan yleistietoa päätelmien tekemiseen tai arvioimiseen. Vankempaa *luonnontieteellistä osaamista* omaava oppilas osoittaa kykyä luoda ja soveltaa käsitteellisiä malleja ennustaakseen ja selittääkseen ilmiöitä sekä kykyä analysoida alan tutkimuksia, esittää tietoja todistusaineistona, arvioida tietyn ilmiön muita selityksiä ja ilmaista päätelmiään täsmällisesti.

Arvioinnin kannalta PISA 2006 -tutkimuksen määritelmä *luonnontieteellisestä osaamisesta* sisältää neljä toisiinsa nivoutuvaa ulottuvuutta (kaavio 1.1):

- *Käyttöympäristö*: luonnontieteitä ja teknologiaa sisältävien elämäntilanteiden tunnistaminen
- *Tieto*: luonnon ymmärtäminen luonnontieteellisen tiedon perusteella, mikä sisältää sekä tiedon luonnontieteiden sisällöistä että tiedon luonnontieteiden menetelmistä
- *Taidot*: kyky tunnistaa luonnontieteellisiä ilmiöitä, selittää niitä luonnontieteellisesti sekä käyttää luonnontieteellistä todistusaineistoa
- *Asenteet*: kiinnostuksen osoittaminen luonnontieteitä kohtaan, luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen sekä motivaatio toimia vastuullisesti esimerkiksi luonnonvaroja ja ympäristöä koskevissa asioissa.



Kaavio 1.1 ■ Luonnontieteiden arvioinnin viitekehys PISA 2006 -tutkimuksessa



Seuraavissa kappaleissa käsitellään edelleen tarkemmin *luonnontieteellisen osaamisen* yhteensovittuneita puolia. Korostamalla näitä puolia PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteellisen osaamisen viitekehyksessä on varmistettu, että arviointi painottuu luonnontieteellisen kasvatuksen kokonaistuloksiin. Viitekehyksen tämän osion jäsentelyn taustalla on monia kysymyksiä, jotka perustuvat PISA 2006 -tutkimuksen *luonnontieteellisen osaamisen* näkökulmaan. Kysymykset ovat:

- Mitkä *käyttöympäristöt* olisivat sopivia 15-vuotiaiden oppilaiden arvioimiseen?
- Mitä *taitoja* olisi kohtuullista odottaa 15-vuotiailta oppilailta?
- Mitä *tietoa* olisi kohtuullista odottaa 15-vuotiailta oppilailta?
- Millaisia *asenteita* olisi kohtuullista odottaa 15-vuotiailta oppilailta?

KÄYTTÖTILANTEET JA -YMPÄRISTÖ

Luonnontieteen käyttäminen erilaisissa tilanteissa on tärkeä osa *luonnontieteellistä osaamista*. Menetely- ja esitystavat luonnontieteellisiä kysymyksiä käsiteltäessä riippuvat usein tilanteesta, jossa ne esitetään.

Tilanne on se osa oppilaan maailmaa, johon tehtävät sijoitetaan. Arviointitehtävät laaditaan todellisen elämän tilanteisiin, eivätkä ne siis rajoitu kouluelämään. PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnissa tehtävät keskittyvät tilanteisiin, jotka liittyvät oppilaaseen itseensä, perheeseen ja ikätovereihin (henkilökohtainen), yhteisöön (sosiaalinen) ja elämään kaikkialla maailmassa (globaali). Lisäksi joihinkin aiheisiin sopii historiallinen tilanne, jonka avulla voidaan arvioida luonnontieteen edistysaskeleiden ymmärtämistä.

Tehtävän käyttöympäristö on sen erityinen tilannekohtainen asettelu, johon kuuluvat kaikki yksityiskohdat, joiden avulla kysymys on muotoiltu.



PISA 2006 -tutkimuksessa arvioitiin osallistujamaiden luonnontieteen opetussuunnitelmien mukaista keskeistä tietämystä rajoittumatta kuitenkin kansallisten opetussuunnitelmien yhteisiin elementteihin. Tämä on mahdollista, koska edellytettiin näyttöä luonnontieteellisten taitojen onnistuneesta käytöstä tärkeissä elämänläheisissä tilanteissa PISA:n *luonnontieteellisen osaamisen* määritelmän mukaisesti. Tähän puolestaan kuuluu luontoa ja itse luonnontieteitä koskevan valikoidun tiedon soveltaminen ja oppilaiden luonnontieteisiin kohdistuvien asenteiden arvioiminen.

Kaaviossa 1.2 luetellaan yleisimpiä luonnontieteen sovellusalueita, joita esiintyy arviointitehtävien käyttöympäristöinä. Sovellukset koskevat *henkilökohtaisia, sosiaalisia ja globaaleja* tilanteita. Muitakin tilanteita (esim. *tekninen, historiallinen*) ja sovellusalueita käytetään tarpeen mukaan. Sovellukset edustivat monia elämänalueita, ja ne vastasivat yleensä vuosien 2000 ja 2003 viitekehyksissä määriteltäviä luonnontieteellisen osaamisen sovellusalueita. Sovellusalueet ovat: ”terveys”, ”luonnonvarat”, ”ympäristö”, ”ympäristöuhat” ja ”luonnontieteen ja teknologian rajoilla”. Näillä alueilla luonnontieteellisestä osaamisesta on erityistä hyötyä yksilöille ja yhteisöille elämänlaadun parantamisessa ja ylläpitämisessä sekä julkisen politiikan kehittämisessä.

PISA-tutkimuksen luonnontieteen arviointi ei ole käyttöympäristöjen arviointia. Kyse on taitojen, tietojen ja asenteiden arvioinnista tietyissä käyttöympäristöissä. Käyttöympäristöjen valinnassa on tärkeitä muistaa, että arvioinnin tarkoituksena on arvioida luonnontieteellisiä taitoja, ymmärrystä ja asenteita, joita oppilaat ovat hankkineet oppivelvollisuusaikansa loppuun mennessä.

Arviointitehtävien käyttöympäristöjen valinnassa otetaan huomioon oppilaiden kiinnostuksen kohteet ja elämäntilanteet. Luonnontieteellisiä tehtäviä laadittaessa pidetään mielessä osallistujamaiden kieli- ja kulttuurierot.

Kaavio 1.2 ■ Luonnontieteen arvioinnin käyttöympäristöt PISA 2006 -tutkimuksessa

	Henkilökohtainen (Oppilas, perhe ja ikätoverit)	Sosiaalinen (Yhteisö)	Globaali (Elämä maailmanlaajuisesti)
Terveys	Terveyden ylläpitäminen, onnettomuudet, ravitsemus	Tautien hallinta, sosiaalinen välittyminen, ruokavalinnat, yhteisöllinen terveys	Epidemiat, tartuntatautien leviäminen
Luonnonvarat	Henkilökohtainen materiaalien ja energian kulutus	Ihmisasutuksen ylläpitäminen, elämänlaatu, turvallisuus, ruoan tuotanto ja jakelu, energiahuolto	Uusiutuvat ja uusiutumattomat luonnonvarat, luonnon järjestelmät, väestönkasvu, kasvi- ja eläinlajien kestävä käyttö
Ympäristö	Ympäristöystävällinen käyttäytyminen, materiaalien käyttö ja hävittäminen	Asutuksen sijoittuminen, jätteiden hävittäminen, ympäristövaikutukset, paikallinen sää	Biodiversiteetti, ekologinen kestävyys, saastumisen torjunta, maaperän muodostuminen ja eroosio
Ympäristöuhat	Luonnolliset ja ihmisen aiheuttamat uhat, asumisratkaisut	Nopeat muutokset (maanjäristykset, rajuilmat), hitaat ja vähitellen etenevät muutokset (merenrantaeroosio, sedimentaatio)	Ilmastonmuutos, modernin sodankäynnin vaikutukset
Luonnontieteen ja teknologian rajoilla	Kiinnostus luonnonilmiöiden tieteell. selityksiin, luonnontieteisiin liittyvät harrastukset, liikunta ja vapaa-aika, musiikki ja henkilökohtainen teknologia	Uudet materiaalit, laitteet ja prosessit, geenimuuntelu, aseteknologia, liikenne	Lajien sukupuutto, avaruustutkimus, maailman-kaikkeuden alkuperä ja rakenne



Luonnontieteen esimerkkitehtävä 1 on osa tehtäväkokonaisuutta nimeltä *SURMAAJAN JÄLJILLÄ*. Tausta-aineistona on sanomalehtiartikkeli, joka luo käyttöympäristön tälle tehtäväkokonaisuudelle. Sovellusalue on ”luonnontieteen ja teknologian rajoilla” sijoittuneena sosiaaliseen käyttötilanteeseen.

Luonnontieteen esimerkkitehtävä 1: SURMAAJAN JÄLJILLÄ

SURMAAJA KIINNI DNA:N AVULLA

Smithville, eilen: Mies puukotettiin kuoliaaksi tänään Smithvillessä. Poliisin mukaan paikalla näkyi kamppailun merkkejä, eikä osa rikospaikalta löytyneistä verijäljistä ollut uhrin verta. Poliisi uskoo sen olevan surmaajan verta.

Surmaajan löytämiseksi poliisin tutkijat ovat luoneet verinäytteestä DNA-profiilin. Näytettä verrattiin poliisin tietokannassa oleviin rikoksista tuomittujen DNA-profiileihin, mutta se ei täsmännyt mihinkään niistä.



Henkilö A



Henkilö B

Tässä on valokuva kahden eri ihmisen DNA-profiilista. Juovat ovat erilaisia osia kummankin DNA:sta. Jokaisella ihmisellä on erilainen juovakuvi. Samoin kuin sormenjäljistä, näistä kuvioista voi tunnistaa ihmisen.

Poliisi on nyt pidättänyt paikallisen miehen, jonka oli nähty riitelevän uhrin kanssa aiemmin päivällä. Poliisi on pyytänyt lupaa ottaa epäillyltä DNA-näyte.

Ylikonstaapeli Brown Smithvillen poliisista sanoi: ”Otamme vain vaarattoman pikku sivelnäytteen posken sisäpinnalta. Tästä näytteestä tutkijat voivat eristää DNA:n ja luoda vastaavanlaisen DNA-profiilin kuin kuvassa.”

Identtisiä kaksosia lukuun ottamatta täysin saman DNA-profiilin todennäköisyys kahdella ihmisellä on yksi sadasta miljoonasta.

Tehtävä 1: SURMAAJAN JÄLJILLÄ

Tässä sanomalehtiartikkelissa viitataan aineeseen nimeltä DNA. Mikä on DNA?

- A. Solukalvossa oleva aine, joka estää solun sisältöä vuotamasta ulos.
- B. Molekyyli, joka sisältää kehon rakennusohjeet.
- C. Veren proteiini, joka auttaa kuljettamaan happea kudoksiin.
- D. Veren hormoni, joka auttaa säätelemään kehon solujen glukoositasoa.

Tehtävä 2: SURMAAJAN JÄLJILLÄ

Mihin seuraavista kysymyksistä ei voi vastata luonnontieteellisen todistusaineiston perusteella?

- A. Mikä oli uhrin kuoleman lääketieteellinen tai fysiologinen syy?
- B. Ketä uhri ajatteli kuollessaan?
- C. Onko sivelnäytteiden ottaminen poskesta turvallinen tapa ottaa DNA-näytteitä?
- D. Onko identtisillä kaksosilla täsmälleen sama DNA-profiili?



LUONNONTIETEELLISET TAIDOT

PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnissa annetaan etusija kaaviossa 1.3 luetelluille taidoille. Niitä ovat kyky tunnistaa luonnontieteisiin liittyviä asioita, kyky kuvata, selittää tai ennustaa luonnontieteellisiä ilmiöitä, kyky tulkita todistusaineistoa ja siihen perustuvia päätelmiä sekä kyky käyttää luonnontieteellistä todistusaineistoa päätöksenteossa ja siihen liittyvässä viestimisessä. Nämä taidot edellyttävät luonnontieteellistä tietoa – sekä tietoa luonnontieteiden sisällöistä että niiden menetelmistä niin tiedon muotona kuin tutkimustapanakin.

Tietyt kognitiiviset prosessit ovat luonnontieteellisen osaamisen kannalta erityisen merkittäviä. Luonnontieteellisiin taitoihin sisältyy seuraavia kognitiivisia prosesseja: induktiivinen ja deduktiivinen päättely, kriittinen ja kokonaisvaltainen ajattelu, esitystavan muuttaminen (esim. numeroista taulukoiksi, taulukoista kaavioiksi), tietoihin perustuvien väittämien ja selitysten muotoileminen ja ilmaiseminen, mallien avulla ajattelu sekä matematiikan käyttö.

PISA 2006 -tutkimuksessa painotetaan kaaviossa 1.3 esitettyjä luonnontieteellisiä taitoja, koska ne ovat tärkeitä luonnontieteellisessä tutkimuksessa. Nämä taidot perustuvat johdonmukaiseen ajatteluun, päättelyyn ja kriittiseen analysointiin. Seuraavassa käsitellään niitä hieman tarkemmin.

Kaavio 1.3 ■ Luonnontieteelliset taidot PISA 2006 -tutkimuksessa

Ilmiöiden tunnistaminen

- luonnontieteellisesti tutkittavissa olevien ilmiöiden tunnistaminen
- luonnontieteellisen tiedon avainhakusanojen tunteminen
- luonnontieteellisen tutkimuksen ominaispiirteiden tunteminen

Ilmiöiden selittäminen

- luonnontieteellisen tiedon soveltaminen tietyssä tilanteessa
- luonnontieteellisten ilmiöiden kuvaaminen tai tulkitseminen ja niissä tapahtuvien muutosten ennustaminen
- pätevien kuvausten, selitysten ja ennusteiden tunnistaminen

Todistusaineiston käyttö

- luonnontieteellisen todistusaineiston tulkitseminen, päätelmien tekeminen ja ilmaiseminen
- päätelmien taustalla olevien oletusten, todistusaineiston ja perustelujen tunnistaminen
- luonnontieteen ja tekniikan kehityksen yhteiskunnallisten seurausten pohtiminen ja arviointi

Ilmiöiden tunnistaminen

On tärkeää kyetä erottamaan luonnontieteelliset ilmiöt ja sisällöt muuntyyppisistä ilmiöistä. Olen-naista on, että luonnontieteellisiin kysymyksiin annetaan tieteellisesti perusteltuja vastauksia. Taitoon *tunnistaa luonnontieteellisiä ilmiöitä* sisältyy kyky tunnistaa ongelmia, joita voidaan tutkia tieteellisesti, ja kyky määrittää avainhakusanoja etsittäessä luonnontieteellistä informaatiota tietystä aiheesta. Siihen kuuluu myös kyky tunnistaa luonnontieteellisen tutkimuksen keskeiset piirteet: esimerkiksi



mitä asioita vertaillaan, mitä muuttujia pitää muuttaa tai tarkkailla, mitä lisätietoja tarvitaan tai millä keinoin asiaankuuluvia tietoja saadaan kerättyä.

Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen edellyttää oppilailta tietoa luonnontieteiden menetelmistä, mutta vaihtelevassa määrin myös tietoa luonnontieteiden sisällöistä. *SURMAAJAN JÄLJILLÄ* -tehtäväkokonaisuuden toisessa tehtävässä (ks. luonnontieteen esimerkkitehtävä 1, s. 28) pyydetään oppilaita tunnistamaan kysymys, jota ei voi tutkia luonnontieteellisesti. Tehtävällä mitataan pääasiassa oppilaiden tietämystä siitä, millaisia kysymyksiä voidaan tutkia luonnontieteellisesti (ks. kaavion 1.5 tietoluokka ”luonnontieteellinen tutkimus”, s. 33), mutta siinä edellytetään myös sellaista tietoa luonnontieteiden sisällöistä (ks. kaavion 1.4 tietoluokka ”elolliset järjestelmät”, s. 32), jota 15-vuotiailla oppilailla voidaan odottaa olevan.

Ilmiöiden selittäminen

Oppilaat osoittavat taitoa *selittää ilmiöitä luonnontieteellisesti* soveltaessaan asiaankuuluvaa luonnontieteiden tuntemustaan tiettyssä tilanteessa. Taitoon kuuluu kyky kuvailla tai tulkita ilmiöitä ja ennustaa niiden muutoksia, ja sitä voi olla myös kyky tunnistaa oikeita kuvauksia, selityksiä ja ennusteita. *SURMAAJAN JÄLJILLÄ* -tehtäväkokonaisuuden ensimmäisessä tehtävässä (ks. luonnontieteen esimerkkitehtävä 1) oppilaiden on hyödynnettävä tietoaan luonnontieteiden sisällöistä (tietoluokka ”elolliset järjestelmät”) tunnistaakseen DNA:n oikean kuvauksen.

Todistusaineiston käyttö

Kyky *käyttää luonnontieteellistä todistusaineistoa* edellyttää, että oppilaat ymmärtävät väittämien tai päätelmien todisteiksi esitettyjä luonnontieteellisiä tutkimustuloksia. Vastauksessa voidaan tarvita joko tietoa luonnontieteiden menetelmistä tai sisällöistä tai näitä molempia. *MALARIA* -tehtäväkokonaisuuden ensimmäinen tehtävä (ks. luonnontieteen esimerkkitehtävä 2) edellyttää oppilaiden tekemän päätelmiä, jotka perustuvat hyttysen elämänsyklinnän esitettiin tosiasioihin. Tehtävällä mitataan lähinnä sitä, osaavatko oppilaat tulkita elämänsyklinnän peruskaavaa (mallia) – tämä on tietoa luonnontieteiden menetelmistä (ks. kaavion 1.5 tietoluokka ”luonnontieteelliset selitykset”).

Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttöön sisältyy luonnontieteellisen informaation hankkiminen sekä luonnontieteelliseen todistusaineistoon perustuvien väittämien ja päätelmien tuottaminen (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon ja Monk 2001). Taito voi sisältää myös seuraavia asioita: kyky valita todistusaineiston perusteella erilaisista johtopäätöksistä; kyky perustellusti hyväksyä tai hylätä tietty päätelmä annettujen tietojen pohjalta; kyky jäsentää oletukset, joiden kautta päätelmään päädyttiin. Taidon yksi ulottuvuus on vielä kyky pohtia tieteen tai tekniikan kehityksen yhteiskunnallisia seurauksia.

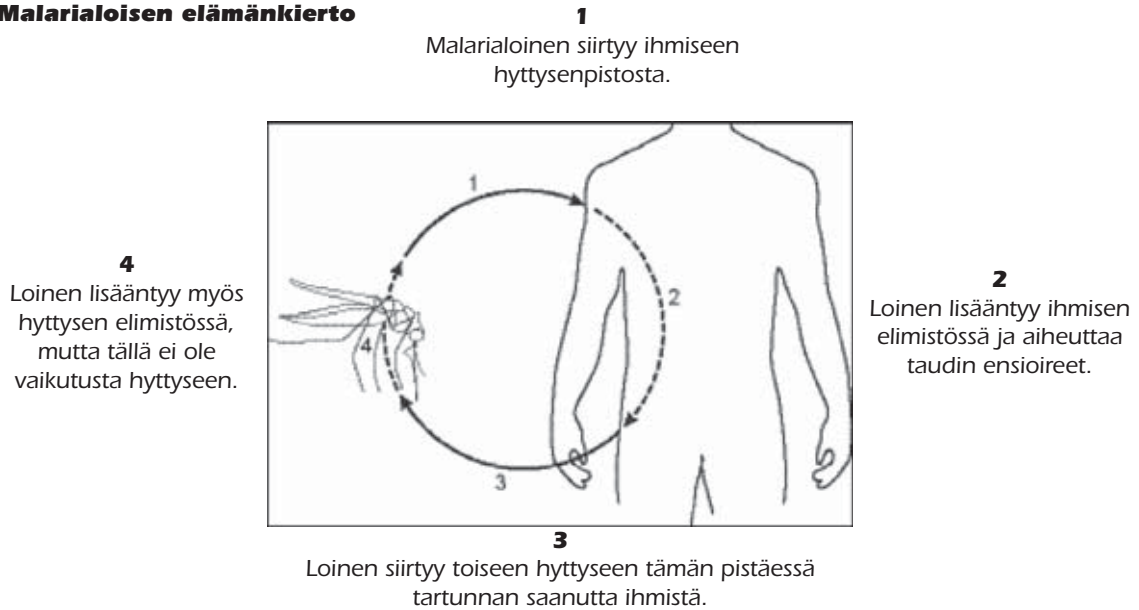
Oppilaita voidaan pyytää esittämään todistusaineistonsa ja ratkaisunsa tietyille yleisölle joko omin sanoin tai kaavioiden tai muiden tilanteeseen sopivien esitystapojen avulla. Oppilaiden tulisi siis kyetä esittämään selkeät, loogiset yhteydet todistusaineiston ja päätelmien tai ratkaisujen välillä.



Luonnontieteen esimerkkitehtävä 2: MALARIA

Malaria aiheuttaa joka vuosi yli miljoonan ihmisen kuoleman. Taistelu malariaa vastaan on tällä hetkellä kriisissä. Malarialoinen siirtyy ihmisestä toiseen hyttysen välityksellä. Tämä malariaa kantava hyttynen on tullut vastustuskykyiseksi monille torjunta-aineille. Myös lääkkeet, joilla malarialoista torjutaan, käyvät yhä tehottomammiksi.

Malarialoisen elämänsykli



Tehtävä 1: MALARIA

Alla esitetään kolme malarian leviämistä ehkäisevää menetelmää.

Mihin malarialoisen elämänsyklin vaiheisiin (1, 2, 3 ja 4) kukin menetelmä vaikuttaa *suoranaisesti*? Ympyröi kussakin kohdassa kyseisen vaiheen numero tai numerot (kukin menetelmä saattaa vaikuttaa useampaan kuin yhteen vaiheeseen).

Menetelmä, jolla pyritään estämään malarian leviäminen	Loisen elinkierroksen vaiheet, joihin vaikutus kohdistuu			
Hyttysverkon suojassa nukkuminen.	1	2	3	4
Malaria-lääkkeiden käyttö.	1	2	3	4
Torjunta-aineiden käyttö hyttysiä vastaan.	1	2	3	4

LUONNONTIETEELLINEN TIETO

Termi luonnontieteellinen tieto viittaa sekä tietoon *luonnontieteiden sisällöistä* (tietoon luonnosta) että tietoon *luonnontieteiden menetelmistä*.

Sisältötieto

Vuoden 2006 PISA -tutkimuksessa voidaan arvioida vain osaa oppilaiden luonnontieteiden sisältöjä koskevista tiedoista, joten arvioitavan tiedon valintaan tarvitaan selkeät kriteerit. Edelleen, PISA-tutkimuksen tavoitteena on kuvata, missä määrin oppilaat osaavat soveltaa tietoaan oman elämänsä kannalta merkityksellisissä yhteyksissä. Niinpä arvioitava tieto valitaan fysiikan, kemian, biologian, tähtitieteen ja teknologian³ pääalueilta seuraavin kriteerein:



- Merkitys todellisen elämän tilanteissa: kaikki luonnontieteellinen tieto ei ole yhtä hyödyllistä yksilöiden elämän kannalta.
- Valittu tieto edustaa tärkeitä luonnontieteellisiä käsitteitä, jolloin siitä on pysyvää hyötyä.
- Valittu tieto vastaa 15-vuotiaiden oppilaiden kehitystasoa.

Kaaviossa 1.4 esitetään *luonnontieteiden sisältötiedon* luokittelu ja esimerkkejä näiden kriteerien mukaan valituista sisällöistä. Tämän tyyppistä tietoa tarvitaan, jotta ymmärrettäisiin luontoa ja kokemuksia *henkilökohtaisissa, sosiaalisissa ja globaaleissa* käyttötilanteissa. Viitekehyksessä ei nimetä pääalueita termillä ”tieteet” vaan ”järjestelmät”. Tarkoituksena on ilmentää ajatusta, että kansalaisten

Kaavio 1.4 ■ PISA 2006: *luonnontieteiden sisältötiedon* luokittelu

Fysikaaliset järjestelmät

- aineen rakenne (esim. hiukkasmalli, kemialliset sidokset)
- aineen ominaisuudet (esim. olomuodon muutokset, lämmön- ja sähkönjohtavuus)
- aineen kemialliset muutokset (esim. reaktiot, energian siirtyminen, happamuus, emäksisyys)
- liike ja voima (esim. nopeus, kitka)
- energia ja sen muuttuminen (esim. energiansäästö ja -hukka, kemialliset reaktiot)
- energian ja aineen vuorovaikutus (esim. valo- ja radioaallot, ääni- ja maanjäristysaallot)

Elolliset järjestelmät

- solut (esim. rakenteet ja toiminta, DNA, kasvi- ja eläinsolut)
- ihmiset (esim. terveys, ravitsemus, kehon elinjärjestelmät – kuten ruoansulatus, hengitys, verenkierto, erityis ja niiden suhteet – taudit, lisääntyminen)
- populaatiot (esim. lajit, evoluutio, biodiversiteetti, geneettinen muuntelu)
- ekosysteemit (esim. ravintoketjut, aine- ja energiavirrat)
- biosfääri (esim. ekosysteemin palvelut kuten vesi ja ruoka, kestävä kehitys)

Maapallon ja avaruuden järjestelmät

- maapallon järjestelmien rakenteet (esim. kivikehä, ilmakehä, vesikehä)
- maapallon energiajärjestelmä (esim. energialähteet, globaali ilmasto)
- muutokset maapallon järjestelmissä (esim. mannerlaattojen siirtymät, geokemialliset kiertokulut, rakentavat ja tuhoavat voimat)
- maapallon historia (esim. alkuperä ja evoluutio, fossiilit)
- maapallo avaruudessa (esim. painovoima, aurinkokunnat)

Teknologiset järjestelmät

- luonnontieteeseen perustuvan teknologian rooli (esim. ratkaisee ongelmia, auttaa ihmistä tyydyttämään tarpeita ja toteuttamaan toiveita sekä suunnittelemaan ja toteuttamaan tutkimuksia)
- tieteen ja tekniikan välinen suhde (esim. teknologian myötävaikutus tieteen kehitykseen)
- käsitteet (esim. optimointi, vaihtosuhde, kustannus, riski, hyöty)
- tärkeät periaatteet (esim. kriteerit, rajoitteet, innovaatio, keksiminen, ongelmanratkaisu)



tulee ymmärtää fysiikan, kemian, biotieteiden, tähtitieteen ja teknologian käsitteitä monissa eri käyttöympäristöissä.

Kaaviossa 1.4 lueteltujen esimerkkien tarkoitus on jäsentää luonnontieteiden tietoryhmien merkityksiä; kyseessä ei ole tyhjentävä luettelo kaikesta mahdollisesta tiedosta, joka voitaisiin liittää kuhunkin luokkaan. Esimerkiksi *SURMAAJAN JÄLJILLÄ* -tehtäväkokonaisuuden ensimmäinen tehtävä (ks. luonnontieteen esimerkkitehtävä 1) mittaa oppilaiden tietoa *luonnontieteiden sisällöistä* luokassa ”elolliset järjestelmät”.

Menetelmätieto

Kaaviossa 1.5 esitetään *luonnontieteiden menetelmätiedon* luokittelu ja esimerkkejä siitä. Ensimmäinen luokka, ”luonnontieteellinen tutkimus”, keskittyy tutkimusprosessiin ja sen eri osatekijöihin. Toinen, läheisesti tutkimukseen liittyvä tietoluokka on ”luonnontieteelliset selitykset”. Selitykset ovat luonnontieteellisen tutkimuksen tuloksia. Tutkimusprosessia (miten tutkijat saavat tietoa) voi pitää tieteen keinona, ja selityksiä (miten tutkijat hyödyntävät tietoa) tieteen päämäärinä. Kaaviossa 1.5 luetellut esimerkit jäsentävät tietoluokkien yleismerkitystä. Kyseessä ei ole tyhjentävä luettelo kaikesta mahdollisesta tiedosta, joka niihin voitaisiin liittää.

Luonnontieteen esimerkkitehtävä 3 kuuluu tehtäväkokonaisuuteen nimeltä *KOULUJEN MAITO-TUTKIMUS*, jonka käyttötilanne on historiallinen ja sovellusalueena terveys. Sen molemmat tehtävät mittaavat oppilaiden tietoa luonnontieteiden menetelmistä ”luonnontieteellisen tutkimuksen” tietoluokassa. Ensimmäinen kysymys edellyttää, että oppilaat tunnistavat tutkimuksen mahdolliset

Kaavio 1.5 ■ PISA 2006: *luonnontieteiden menetelmätiedon* luokittelu

Luonnontieteellinen tutkimus

- lähtökohta (esim. tiedonhalu, tieteelliset kysymykset)
- tarkoitus (esim. tuottaa todistusaineistoa, joka auttaa vastaamaan tieteellisiin kysymyksiin, nykyiset käsitykset/mallit/teoriat suuntaavat tutkimusta)
- kokeet (esim. kysymyksenasettelusta riippuu, millaisia tutkimuksia tarvitaan, kokeen suunnittelu)
- aineiston luonne (esim. määrällinen [mittaukset], laadullinen [havainnot])
- mittaukset (esim. luontainen epävarmuus, toistettavuus, vaihtelu, välineiden ja menetelmien virheettömyys ja tarkkuus)
- tulosten ominaisuudet (esim. empiirinen, alustava, testattavissa oleva, kumottavissa oleva, itsekorjaava)

Luonnontieteelliset selitykset

- lajit (esim. hypoteesi, teoria, malli, laki)
- muodostaminen (esim. tietojen esitystapa, nykyisen tiedon ja uuden todistusaineiston merkitys, luovuus ja mielikuvitus, logiikka)
- säännöt (esim. looginen johdonmukaisuus, perustelu todistusaineiston avulla; historiallinen ja tämänhetkinen tieto)
- tulokset (esim. tuottaa uutta tietoa, uusia menetelmiä, uutta tekniikkaa; johtaa uusiin kysymyksiin ja tutkimuksiin)



päämäärät (ks. kaavio 1.3, s. 29, taitoluokka ”ilmiöiden tunnistaminen”). Myös toinen kysymys kuuluu ”ilmiöiden tunnistamisen” taitoluokkaan (eikä ”todistusaineiston käyttöön”), koska vastauksen ilmeisin oletus (että kolme oppilasryhmää eivät olleet olennaisesti erilaisia) liittyy tutkimuksen suunnitteluun.

Luonnontieteen esimerkkitehtävä 3: KOULUJEN MAITOTUTKIMUS

Vuonna 1930 suoritettiin Skotlannin erään alueen kouluissa laaja tutkimus. Neljän kuukauden ajan jotkut oppilaista saivat ilmaista maitoa, toiset eivät. Opettajat valitsivat, ketkä oppilaista saivat maitoa. Tutkimus toteutettiin seuraavasti:

- 5 000 koululaista sai jokaisena koulupäivänä tietyn määrän pastöroimatonta maitoa
- toiset 5 000 koululaista saivat saman määrän pastöroitua maitoa ja
- 10 000 koululaista ei saanut ollenkaan maitoa.

Kaikki 20 000 lasta punnittiin ja mitattiin tutkimuksen alussa ja lopussa.

Tehtävä 1: KOULUJEN MAITOTUTKIMUS

Onko luultavaa, että seuraavat kysymykset olivat tässä tutkimuksessa selvitettäviä kysymyksiä? Ympyröi ”Kyllä” tai ”Ei” kunkin kysymyksen kohdalla.

Onko luultavaa, että tämä oli tutkimuksessa selvitettävä kysymys?	Kyllä vai Ei?
Mitä maidon pastöroimiseksi on tehtävä?	Kyllä / Ei
Mikä vaikutus lisämaidon juomisella on koululaisiin?	Kyllä / Ei
Mikä vaikutus maidon pastöroinnilla on lasten kasvuun?	Kyllä / Ei
Mitä alueellisia eroja Skotlannin koululaisten terveydessä voidaan havaita?	Kyllä / Ei

Tehtävä 2: KOULUJEN MAITOTUTKIMUS

Tutkimuksen aikana maitoa saaneiden lasten pituus ja paino kasvoivat keskimäärin enemmän kuin niiden lasten, jotka eivät saaneet maitoa.

Tästä tutkimuksesta voidaan johtaa esimerkiksi sellainen päätelmä, että paljon maitoa juovat lapset kasvavat nopeammin kuin ne, jotka eivät juo paljon maitoa.

Mäinitse yksi ehto, joka näiden kahden tutkitun oppilasryhmän on täytettävä, jotta tähän päätelmään voisi luottaa.



SUHTAUTUMINEN LUONNONTIETEISIIN

Ihmisten asenteet vaikuttavat merkittävästi heidän yleiseen kiinnostukseensa, huomiokykyynsä ja suhtautumiseensa tiedettä ja tekniikkaa kohtaan sekä varsinkin heihin itseensä vaikuttavia asioita kohtaan. Luonnontieteellisen kasvatuksen yhtenä tavoitteena on kehittää asenteita, joiden ansiosta oppilaat innostuvat käsittelemään luonnontieteellisiä kysymyksiä sekä näin hankkimaan ja soveltamaan luonnontieteellistä ja teknistä tietoa. Tästä voi olla niin henkilökohtaista, sosiaalista kuin globaaliakin hyötyä.

PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteen arvioinnissa oppilaiden asenteita arvioidaan uudella tavalla. Oppilaiden mielipiteitä luonnontieteistä kartoitetaan paitsi kyselylomakkeella, myös varsinaiseen kokeeseen liitetyillä kysymyksillä. Näiden kysymysten avulla selvitetään oppilaiden asenteita asioihin, joissa heidän osaamistaan mitataan.

Luonnontieteitä koskevien asenteiden ottaminen tutkimuskohteeksi perustuu käsitykseen, että ihmisen *luonnontieteelliseen osaamiseen* sisältyy asenteita, uskomuksia, motivaatiotekijöitä, käsitys omasta pystyvyydestä, arvoja ja lopulta tekoja. Asenteiden sisällyttämistä ja PISA 2006 -tutkimuksen aluevalintoja tukevat sekä Klopferin (1976) esittämä rakenne luonnontieteellisen kasvatuksen affektiivisesta ulottuvuudesta että asennetutkimuksesta julkaistut raportit (esim. Gardner, 1975, 1984; Gauld ja Hukins, 1980; Blosser, 1984; Laforgia, 1988; Schibeci, 1984).

PISA 2006 -tutkimuksen luonnontiedeosuudessa arvioitiin oppilaiden asenteita kolmella alueella, jotka olivat *kiinnostus luonnontieteisiin, luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen* sekä *vastuullisuus luonnonvaroja ja ympäristöä kohtaan* (ks. kaavio 1.6, s. 37). Nämä alueet valittiin, koska niiden perusteella saadaan kansainvälisesti edustava kuva oppilaiden yleisestä luonnontieteiden arvostuksesta, heidän erityisistä luonnontieteellisistä asenteistaan ja arvoistaan sekä vastuullisuudesta sellaisissa luonnontieteisiin liittyvissä kysymyksissä, joilla on maakohtaista ja kansainvälistä vaikutusta. Tutkimuksessa ei arvioitu oppilaiden asenteita koulun luonnontieteiden opetusta tai opettajia kohtaan. Tulokset saattavat valaista sitä, miksi yhä harvempi nuori lähtee opiskelemaan luonnontieteitä.

Kiinnostus luonnontieteisiin valittiin, koska sillä on selvä yhteys suoritustasoon, kurssivalintoihin, ammatinvalintaan ja elinikäiseen oppimiseen. Yksilön luonnontieteitä kohtaan osoittaman kiinnostuksen ja suoritustason välistä yhteyttä on tutkittu yli 40 vuotta, mutta syy-yhteydestä kiistellään edelleen (ks. esim. Baumert ja Köller, 1998; Osborne, Simon ja Collins, 2003). PISA 2006 -tutkimuksen luonnontiedeosuudessa tarkasteltiin oppilaiden kiinnostusta selvittämällä heidän osallistumistaan luonnontieteisiin liittyviin sosiaalisiin kysymyksiin, heidän halukkuuttaan hankkia luonnontieteellisiä tietoja ja taitoja sekä heidän valmiuttaan suuntautua luonnontieteellisten alojen ammatteihin.

Luonnontieteellisen tutkimuksen vaalimista pidetään yleisesti luonnontieteellisen kasvatuksen perimmäisenä tavoitteena, joten sitä on aiheellista arvioida. Se vastaa Klopferin (1971) ajatusta ”luonnontieteellisten asenteiden omaksumisesta”. Luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen ja kannattaminen tarkoittaa sitä, että oppilaat arvostavat tieteellisiä tapoja hankkia todistusaineistoa, ajatella luovasti, tehdä rationaalisia päätelmiä, arvioida asioita kriittisesti ja viestiä johtopäätökset kohdatessaan luonnontieteisiin liittyviä tilanteita elämässään. Tähän alueeseen kuuluvat myös todistusaineiston (tiedon) käyttö ratkaisuja tehtäessä sekä loogisuuden ja rationaalisuuden arvostaminen päätelmien muotoilemisessa.



Vastuullisuus luonnonvaroja ja ympäristöä kohtaan on kansainvälisesti tärkeää ja sillä on myös taloudellista merkitystä. Sitä koskevia asenteita on tutkittu laajasti 1970-luvulta lähtien (ks. esim. Bogner ja Wiseman, 1999; Eagles ja Demare, 1999; Weaver, 2002; Rickinson, 2001). YK hyväksyi joulukuussa 2002 päätöslauselman 57/254, jolla julistettiin 1.1.2005 alkanut kymmenvuotiskausi YK:n kestävästä kehitystä edistävän kasvatuksen vuosikymmeneksi (UNESCO, 2003). Ohjelman kansainvälisessä toteuttamissuunnitelmassa (UNESCO, syyskuu 2005) määritellään ympäristö yhdeksi kestävästä kehityksen kolmesta alueesta (muut ovat yhteiskunta mukaan lukien kulttuuri, sekä talous), joiden tulisi sisältyä kaikkiin kestävästä kehitystä edistäviin kasvatus- ja koulutusohjelmiin.

PISA 2006 -tutkimuksessa kerättiin tietoa oppilaiden asenteista sekä erillisellä kyselylomakkeella että kysymyksillä, jotka oli sijoitettu heti varsinaisten koekysymysten jälkeen. Kyselylomakkeella kerättiin yleistä tietoa oppilaiden asenteista kaikilla kolmella alueella: *kiinnostus luonnontieteisiin, luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen ja vastuullisuus luonnonvaroja ja ympäristöä kohtaan*. Sillä kerättiin lisätietoa myös oppilaiden osallisuudesta luonnontieteisiin (esim. käsitys omasta pystyvyydestä, mieltymys luonnontieteisiin ja luonnontieteellisten harrastusten yleisyys koulun ulkopuolella) sekä siitä, millaisena he näkevät luonnontieteiden merkityksen omassa elämässään (esim. jatkokoulutus ja ammatinvalinta) ja yhteiskunnassa (esim. sosiaalinen ja taloudellinen hyöty).

Koetehtäviin liittyvillä kysymyksillä kartoitettiin kiinnostusta oppia lisää luonnontieteistä ja myönteisyyttä luonnontieteelliselle tutkimukselle. Nämä kysymykset syventävät arviointia antamalla tietoa siitä, ovatko oppilaiden asenteet erilaisia yksittäisissä asioissa vai yleisemmin, vaihtelevatko ne eri ympäristöissä ja ovatko ne yhteydessä tehtäväkokonaisuuden suoritukseen. Yhtä oppilaiden *luonnontieteisiin* kohdistuvan *kiinnostuksen* ulottuvuutta (nimittäin kiinnostusta oppia lisää luonnontieteistä) ja heidän *luonnontieteellisen tutkimuksen vaalimistaan* arvioitiin kokeeseen sisällytetyillä tehtävillä, jotka käsittelivät *henkilökohtaisia, sosiaalisia ja globaaleja* kysymyksiä.

PISA 2006 -tutkimuksen tulokset antavat tietoa osallistujamaiden koulutuspolitiikan laatijoille. Kyselylomakkeesta ja kokeen sisältämistä asenteita mittaavista tehtävistä koostuva runsas aineisto tuo varmasti uutta tietoa oppilaiden suuntautumisesta luonnontiedeosaamista sisältävään toimintaan. Koska kirjallisuudessa esiintyy ristiriitaisia raportteja asenteiden ja suoritusten välisestä yhteydestä luonnontieteissä, on mielenkiintoista nähdä, miten kokeen ja lomakkeen avulla kerätty tieto oppilaiden asenteista (oppilaiden *kiinnostus luonnontieteisiin, luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen ja vastuullisuus luonnonvaroja ja ympäristöä kohtaan*) liittyy oppilaiden suoriutuksiin. Kyselylomakkeesta saatu muu tieto, kuten oppilaiden osallistuminen luonnontieteisiin liittyvään toimintaan, raportoidaan myös ja yhdistetään oppilaiden suoriutuksiin.

LUONNONTIETEELLISEN OSAAMISEN ARVIOINTI

Koetehtävien ominaisuuksia

PISA-tutkimuksen *luonnontieteellisen osaamisen* määritelmän mukaisesti koekysymykset edellyttävät luonnontieteellisten taitojen (ks. kaavio 1.3, s. 29) käyttöä tietyssä käyttöympäristössä (ks. kaavio 1.2, s. 27). Vastauksissa on sovellettava luonnontieteellistä tietoa (ks. kaaviot 1.4 ja 1.5, s. 32–33) ja ne ilmaisevat vastaajien asenteita luonnontieteellisiä asioita kohtaan (ks. kaavio 1.6).

Kaavio 1.7 (s. 38) on muunnelma kaaviosta 1.1 (s. 26). Se havainnollistaa, kuinka PISA 2006 -tutkimuksen luonnontieteellisen osaamisen arvioinnin viitekehyksen keskeiset osat voidaan yhdistää



Kaavio 1.6 ■ PISA 2006: arvioidut asennealueet

Kiinnostus luonnontieteisiin

- osoittaa mielenkiintoa luonnontieteisiin ja tämän alan asioihin ja pyrkimyksiin
- osoittaa halua hankkia lisää luonnontieteellisiä tietoja ja taitoja erilaisten lähteiden ja menetelmien avulla
- osoittaa halua etsiä tietoa sekä pysyvää kiinnostusta luonnontieteisiin, voi jopa harkita uraa luonnontieteiden parissa

Luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen

- ymmärtää erilaisten tieteellisten näkökulmien ja väittämien pohtimisen tärkeyden
- kannattaa perusteltujen tietojen ja rationaalisten selitysten käyttöä
- ymmärtää loogisten ja jäsenneltyjen prosessien tarpeellisuuden päätelmien teossa

Vastuullisuus luonnonvaroja ja ympäristöä kohtaan

- osoittaa henkilökohtaista vastuuntuntoa ympäristön kestävä kehityksen puolesta
- osoittaa tiedostavansa yksittäisten tekojen ympäristövaikutukset
- osoittaa halukkuutta ryhtyä toimiin luonnonvarojen säilyttämiseksi

tehtäväkokonaisuuksien rakenteeseen ja sisältöön. Kaaviota 1.7 voi käyttää sekä harjoitustehtävien suunnittelussa että niiden tulosten tarkastelussa. Tehtäväkokonaisuuksia laadittaessa lähtökohdaksi voidaan ottaa tausta-aineistona toimivat käyttöympäristöt, vastaamiseen tarvittavat taidot tai tehtävän kannalta keskeiset tiedot ja asenteet.

Tehtäväkokonaisuus koostuu tausta-aineistosta, joka voi olla lyhyt tekstikatkkelma tai taulukkoon, käyrään tai kuvioon liittyvä teksti, sekä tehtävistä, jotka ovat sarja erityyppisiä erikseen pisteytettäviä kysymyksiä. Tätä havainnollistavat aiemmin käsitellyt kolme esimerkkiä (*SURMAAJAN JÄLJILLÄ*, *MALARIA* ja *KOULUJEN MAITOTUTKIMUS*) sekä liitteen A lisäesimerkit.

PISA-tutkimuksen tehtäväkokonaisuudet ovat laajahkoja, jotta voidaan helpommin käyttää mahdollisimman realistisia, tosielämän tilanteiden monitahoisuutta kuvastavia käyttöympäristöjä ja toisaalta hyödyntää koeaika tehokkaasti. Kunkäytetään tilanteita, joista voi esittää useita kysymyksiä, yksittäisten eri tilanteita koskevien kysymysten sijaan, lyhenee aika, jonka oppilas tarvitsee tutustuakseen kunkin kysymyksen aineistoon. On kuitenkin muistettava, että jokaisesta tehtäväkokonaisuuden osasta annetun pisteen on oltava riippumaton kaikista muista. Lisäksi, koska tämä lähestymistapa rajoittaa arviointiympäristöjen määrää, on välttämätöntä valita riittävän erilaisia käyttöympäristöjä. Näin minimoidaan käyttöympäristön aihevalinnoista johtuvaa vinoumaa.

Yhteen PISA 2006 -tutkimuksen tehtäväkokonaisuuteen sisältyy korkeintaan neljä kognitiivista tehtävää, jotka mittaavat oppilaiden luonnontieteellisiä taitoja. Kukin tehtävä painottaa yhtä kolmesta luonnontieteellisestä taidosta (kaavio 1.3, s. 29) ja edellyttää pääasiassa tietoa luonnontieteiden sisällöistä tai luonnontieteiden menetelmistä. Kussakin tehtäväkokonaisuudessa arvioidaan useampaa kuin yhtä taitoa ja useampaa kuin yhtä tietoryhmää.

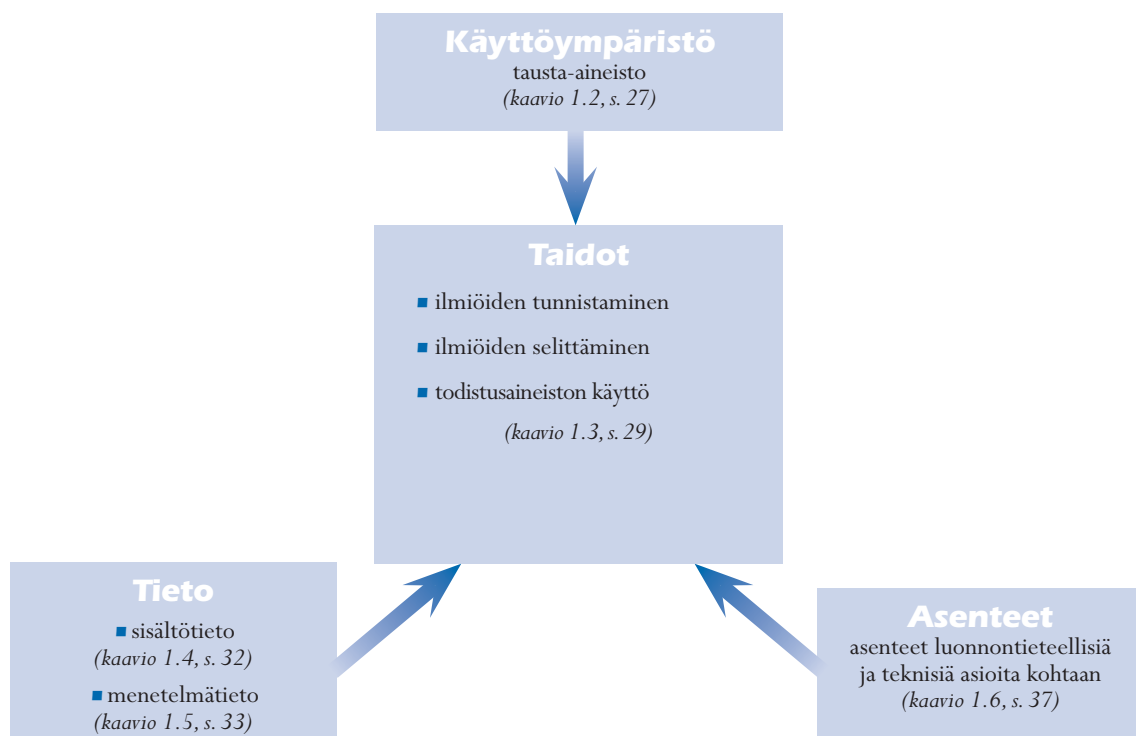


Viitekehyksessä määriteltyjä taitoja ja luonnontieteellistä tietoa arvioitiin neljänlaisilla tehtävillä. Kolmasosa tehtävistä oli *yksiosaisia monivalintatehtäviä*, joissa piti valita yksi vastaus neljästä vaihtoehdosta. Toinen kolmasosa koostui joko *suppeista avoimista tehtävistä*, kuten *MALARIA*-tehtävän (luonnontieteen esimerkkitehtävä 2, s. 31) ensimmäinen kysymys, tai *koostetuista monivalintatehtävistä*. Tyypiesimerkki moniosaisesta monivalintatehtävästä on *KOULUJEN MAITOTUTKIMUKSEN* (luonnontieteen esimerkkitehtävä 3, s. 34) ensimmäinen kysymys, jossa oppilaiden on vastattava toisiinsa liittyvien kyllä tai ei -kysymysten sarjaan. Viimeinen kolmannes oli *laajoja avoimia tehtäviä*, jotka edellyttivät oppilaalta suhteellisen laajaa kirjallista tai kuvallista vastausta, kuten *KOULUJEN MAITOTUTKIMUKSEN* (luonnontieteen esimerkkitehtävä 3) toinen kysymys.

Erityyppisillä monivalintatehtävillä voidaan perustellusti arvioida useimpia kolmeen luonnontieteelliseen taitoon liittyviä kognitiivisia prosesseja. Avovastauksilla puolestaan voidaan arvioida viestintäkykyä.

Vaikka valtaosa tehtävistä *pisteytetään kaksijakoisesti* (oikein tai väärin), on joissakin moniosaisissa monivalintatehtävissä ja avovastauksissa käytössä *osittainen pisteytys*, jolloin oppilaille annetaan pisteitä myös osittain oikeista vastauksista. Tätä varten laaditaan yksityiskohtainen koodausopas, jossa määritellään ”täydet pisteet”, ”osittaiset pisteet” ja ”ei pisteitä”. ”Täydet pisteet” -vastaus, joskaan ei välttämättä tieteellisesti täysin virheetön, edellyttää oppilaan osoittavan aiheesta sentasoista ymmärrystä ja luonnontieteellistä osaamista, jota voidaan odottaa 15-vuotiaalta oppilaalta. Hieman heikommista tai joitakin virheitä sisältävistä vastauksista voi saada ”osittaiset pisteet”, kun taas täysin virheellisille, epäolennaisille tai puuttuville vastauksille ei anneta pisteitä. *MALARIA*-tehtäväkokonaisuuden (luonnontieteen esimerkkitehtävä 2) ensimmäinen kysymys on osittaisesti pisteytetty tehtävä, ja sen pisteytyskaavio (koodausopas) nähdään luonnontieteen esimerkissä 4.

Kaavio 1.7 ■ Jäsennysmalli harjoitustehtävien laatimiseen ja niiden tulosten tarkasteluun





Luonnontieteen esimerkki 4: MALARIA (tehtävän 1 pisteytys)

Täydet pisteet

Koodi 2: Kaikki kolme oikein: [1 ja 3], [2] ja [1, 3 ja 4] tässä järjestyksessä.

Osittaiset pisteet

Koodi 1: Kaksi kolmesta rivistä oikein

TAI

Kullakin rivillä yksi (tai useampi) oikein, mutta **ei yhtään väärin**.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

PISA 2006 -luonnontieteen kokeeseen otetuista uusista tehtäväkokonaisuuksista useimmat sisältävät myös tehtävän, jolla arvioidaan oppilaiden *kiinnostusta oppia lisää luonnontieteistä*, tai tehtävän, jolla arvioidaan *tieteellisen tutkimuksen vaalimista*, tai molemmat tehtävätyypit. *SURMAAJAN JÄLJILLÄ* -tehtäväkokonaisuuden (luonnontieteen esimerkkitehtävä 5) kolmas kysymys on esimerkki tästä. Oppilaiden pitää ilmaista, kuinka kiinnostuneita he ovat kolmesta eri asiasta. Näin selvitetään heidän kiinnostustaan oppia lisää luonnontieteen sovelluksista rikosten ratkaisemisessa. Esimerkissä käytetään tasaveroisia vastausvaihtoehtoja ("kiinnostaa paljon", "kiinnostaa kohtalaisesti", "kiinnostaa vähän", "ei kiinnosta") tavanomaisen vastakkainasettelun sijasta ("täysin samaa mieltä", "samaa mieltä", "eri mieltä", "täysin eri mieltä"), jotta sosiaalisen suotavuuden vaikutus vastauksiin olisi pienempi.

Luonnontieteen esimerkkitehtävä 5: SURMAAJAN JÄLJILLÄ (asennetehtävä)

Tehtävä 3: SURMAAJAN JÄLJILLÄ

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin rivillä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Tietää enemmän DNA:n käytöstä rikosten ratkaisemisessa.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Oppia lisää siitä, miten DNA-profilointi toimii.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Ymmärtää paremmin, miten rikoksia voidaan ratkaista luonnontieteiden avulla.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Oppilaille annetussa koevihkossa asenteita mittaavat tehtävät on sijoitettu selvästi erottuvaan kehykseen muistutukseksi siitä, että he rastittaisivat omat mielipiteensä. Lisäksi yleisohjeet kunkin vihkon alussa sisältävät seuraavan opastuksen:



Osa tehtävistä koskee asennoitumistasi joihinkin asioihin tai mielipiteitäsi niistä. Nämä tehtävät on aseteltu sivulle eri tavalla kuin muut – ne ovat varjostetun tekstikehyksen sisällä. **NÄIHIN TEHTÄVIIN EI OLE OIKEITA VASTAUKSIA**, eivätkä ne vaikuta koetulokseesi, mutta on tärkeää, että vastaat niihin rehellisesti.

Luonnontieteellistä osaamista mittaavien kirjallisten tehtävien ymmärtäminen ja niihin vastaaminen edellyttää oppilailta *lukemisen osaamista*. Tämä herättää kysymyksen vaaditusta *lukemisen osaamisen* tasosta. Tausta-aineistossa ja kysymyksissä käytetään niin selkeää, yksinkertaista ja ytimekästä kieltä kuin mahdollista halutun merkityksen kärsimättä. Kussakin kappaleessa esiintyvien käsitteiden määrää rajoitettiin, ja pääasiassa *lukemisen osaamista* tai *matemaattista osaamista* mittaavia kysymyksiä vältettiin.

Arvioinnin rakenne

Arvioinnissa on tavoitteena tutkia tasapuolisesti luonnontieteellisen osaamisen viitekehyksessä esitetyjä osa-alueita. Kaaviossa 1.8 esitetään toivottu tasapaino luonnontieteiden sisältö- ja menetelmätietoon liittyvien tehtävien välillä. Tasapaino ilmaistaan kummankin osa-alueen prosenttiosuutena kokonaispistemäärästä. Kaaviossa 1.8 näkyy myös luonnontieteiden sisältö- ja menetelmätiedon luokitusryhmien pistemäärien haluttu jakauma.

Kaavio 1.8 ■ Tietopistemäärien haluttu jakauma

<i>Tieto luonnontieteiden sisällöistä</i>	Prosenttiosuus kokonaispistemäärästä
Fysikaaliset järjestelmät	15-20
Elolliset järjestelmät	20-25
Maapallon ja avaruuden järjestelmät	10-25
Teknologiset järjestelmät	5-10
<i>Tämän osa-alueen osuus</i>	60-65
<i>Tieto luonnontieteiden menetelmistä</i>	
Luonnontieteellinen tutkimus	15-20
Luonnontieteelliset selitykset	15-20
<i>Tämän osa-alueen osuus</i>	35-40
<i>Yhteensä</i>	100

Luonnontieteellisten taitojen haluttu tasapaino esitetään kaaviossa 1.9.

Kaavio 1.9 ■ Taitopistemäärien haluttu jakauma

<i>Luonnontieteelliset taidot</i>	Prosenttiosuus
Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen	25-30
Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen	35-40
Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö	35-40
<i>Yhteensä</i>	100



Tehtävien käyttöympäristöt jakautuvat henkilökohtaisiin, sosiaalisiin ja globaaleihin tilanteisiin suunnilleen suhteessa 1:2:1 (ks. kaavion 1.2 yläriivi, s. 27). Tehtäväkokonaisuuksissa käytettiin monia eri sovellusalueita (ks. kaavion 1.2 vasen sarake) ottaen samalla mahdollisimman tarkoin huomioon kaavioissa 1.8 ja 1.9 esitetyt prosenttiosuusvaatimukset.

Noin 60 % tehtäväkokonaisuuksista sisältää 1–2 asennetehtävää, joilla mitataan oppilaiden *kiinnostusta oppia lisää luonnontieteistä* tai heidän *myönteisyyttään luonnontieteellistä tutkimusta kohtaan*. Näihin tehtäviin vastaaminen vie noin 11 % kokonaiskoeajasta. Suoritusten myöhemmän vertailun helpottamiseksi kahdesta aiemmasta PISA-tutkimuksesta (2000 ja 2003) vuoden 2006 tutkimukseen poimitut linkkitehtävät eivät sisältäneet asennetehtäviä. Linkkitehtävät helpottavat eri vuosien välistä vertailua, koska ne pysyvät aina samanlaisina.

Tulosten arviointiasteikot

Jotta PISA-ohjelman tavoitteisiin päästään, oppilaiden suoritusasteikkoa on jatkuvasti kehitettävä. Esikokeiden ja PISA 2000 ja 2003 -tutkimusten tuloksiin perustuvia ensimmäisiä malleja muokattaneen sitä mukaa kuin tietoa kertyy lisää tässä ja tulevista tutkimuksissa. Kehittämistyössä hyödynnetään myös tietoa aiemmista luonnontieteellisen osaamisen arvioinneista sekä tutkimusta luonnontieteiden oppimisesta ja siihen liittyvästä kognitiivisesta kehityksestä.

Asteikon rakentamista helpottaa, kun mukaan otetaan tehtäviä, jotka sisältävät monia eri vaikeusasteita. Luonnontieteellistä suoritusta arvioitaessa tehtävän vaikeusastetta määrittävät:

- käyttöympäristön monitahoisuus
- luonnontieteellisten käsitysten, prosessien ja käsitteiden tuttuus
- vastaamiseen tarvittavan päättelyketjun pituus: monenko vaiheen kautta asianmukaiseen vastaukseen päädytään ja missä määrin kukin vaihe riippuu edellisestä
- vastauksen muotoiluun vaadittava abstraktien luonnontieteellisten käsitteiden hallinta
- ratkaisujen, päätelmien ja selitysten muodostamisessa vaadittava päättely-, oivallus- ja yleistämiskyky.

PISA 2000 -tutkimuksessa luonnontieteet olivat sivuaihepiirinä ja koeaika siten lyhyempi. Tällöin oppilaiden luonnontieteen tulokset raportoitiin suoritusasteikolla, jonka keskiarvo oli 500 ja keskihajonta 100. Vaikka mitään suoritustasoa ei määritely (OECD 2001), voitiin oppilaiden luonnontieteellisiä taitoja asteikon eri kohdissa kuvata seuraavasti:

- Luonnontieteellisen osaamisasteikon yläpäässä (noin 690 pistettä) oppilaat kykenevät luomaan tai käyttämään käsitelmalleja laatiakseen ennusteita tai antaakseen selityksiä; analysoimaan luonnontieteellisiä tutkimuksia ymmärtääkseen esimerkiksi koeasetelmia tai tunnistaakseen testattavan ajatuksen; vertaamaan tietoja arvioidakseen vaihtoehtoisia näkemyksiä tai eri näkökulmia; sekä viestimään tieteelliset väittämät ja kuvaukset yksityiskohtaisesti ja täsmällisesti.
- Keskivaiheilla (noin 550 pistettä) oppilaat pystyvät yleensä käyttämään luonnontieteellistä tietoa laatiakseen ennusteita tai antaakseen selityksiä; tunnistamaan kysymykset, joihin tieteellinen tutkimus voi vastata, tai yksityiskohdat, joita tieteelliseen tutkimukseen liittyy; sekä erottamaan olennaisen informaation erilaisten tietojen joukosta tai päättelyketjuista tehdessään tai arvioidessaan omia päätelmiään.

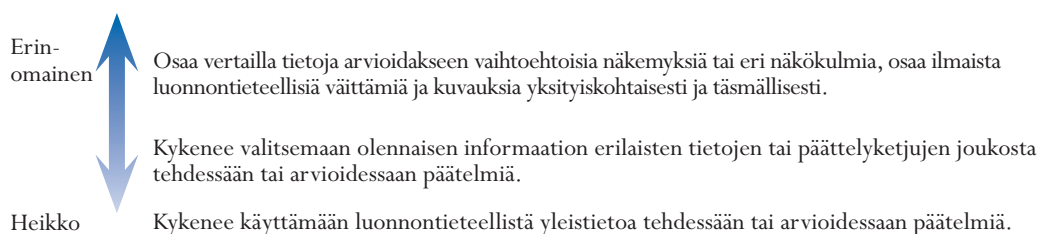


- Asteikon alapäässä (noin 400 pistettä) oppilaat pystyvät muistamaan yksinkertaista luonnontieteellistä asiatietoa (esim. nimet, numerot, perustermit, yksinkertaiset säännöt) sekä käyttämään yleistä luonnontieteellistä tietoa päätelmien tekemiseen tai arvioimiseen.

PISA 2003 -tutkimuksessa luonnontieteen tulokset raportoitiin samaan tapaan kuin vuoden 2000 tutkimuksessa (OECD, 2004). Koska luonnontiede oli PISA 2006 -tutkimuksessa pääaihepiirinä ja käytettävissä oli täten pidempi koeaika, voidaan luonnontieteellisille taidoille ja tiedoille rakentaa erilliset asteikot.

Luonnontieteiden osaamista kuvailtiin vuosien 2000 ja 2003 PISA-tutkimuksissa luonnontieteellisten taitojen avulla (kaavio 1.3, s. 29). Kuvauksia tarkastelemalla saadaan hahmoteltua runko kullekin taitoasteikolle vuoden 2006 PISA-tutkimukseen. Esimerkiksi asteikkorunko kaaviossa 1.10 jäsentää taitoa ”luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö”.

Kaavio 1.10 ■ Esimerkki taitoon perustuvasta raportointiasteikosta



Niin ikään tietoa luonnontieteiden sisällöistä ja menetelmistä voidaan raportoida erillisillä asteikoilla. Taidot olisivat olennaisia kuvattaessa osaamistasoa näillä molemmilla tiedon osa-alueilla. Käytettävistä asteikoista ja taitotasojen määrästä päätetään, kun PISA 2006 -tutkimuksen aineisto on eritelty.

Samoin voidaan laatia luotettavat asteikot *kiinnostuksesta luonnontieteisiin ja luonnontieteellisen tutkimuksen vaalimiseen* hyödyntämällä tehtäviin sisällytettyjä asennekysymyksiä ja oppilaiden kyselylomakkeella saatua tietoa. Asteikko *vastuullisuudesta luonnonvarojen ja ympäristön kohtaan* laaditaan kyselylomakkeella saatujen tietojen perusteella.

Asennetehtävien tuloksia ei lasketa mukaan *luonnontieteellisen osaamisen* kokonaispistemäärään, mutta niistä muodostuu osa oppilaan *luonnontieteellistä osaamisprofiilia*.

TIIVISTELMÄ

Luonnontiede oli ensimmäistä kertaa pääaihepiirinä PISA 2006 -tutkimuksessa. *Luonnontieteellisen osaamisen* määritelmää on tarkennettu ja laajennettu vuosien 2000 ja 2003 tutkimuksista. Tärkeä uudistus on oppilaiden luonnontieteitä koskevien asenteiden sisällyttäminen tutkimukseen. Asenteita ei tarkastella pelkästään erillisellä kyselylomakkeella, vaan myös koekysymysten yhteyteen sijoitetuilla lisäkysymyksillä. Lisäksi tutkimuksessa pidetään yhä tärkeämpänä tarkastella sitä, kuinka hyvin oppilaat ymmärtävät itse luonnontieteen luonnetta ja metodologiaa (tietoa luonnontieteiden menetelmistä) sekä luonnontieteisiin perustuvan teknologian merkitystä.



PISA 2006 -tutkimuksessa käytetty *luonnontieteellisen osaamisen* määritelmä perustuu siihen, mitä 15-vuotiaiden oppilaiden tulisi tietää, arvostaa ja kyetä tekemään, jotta heillä olisi valmiudet elää ja toimia nyky-yhteiskunnassa. Määritelmässä ja *luonnontieteellisen osaamisen* arvioinnissa ovat keskeisiä luonnontieteissä ja luonnontieteellisessä tutkimuksessa tarvittavat taidot. Oppilaiden kyvyt näissä taidoissa riippuvat heidän luonnontieteellisestä tiedostaan, niin luontoa kuin luonnontieteellisiä menetelmiä koskevasta tiedosta, sekä heidän asenteistaan luonnontieteisiin liittyviä asioita kohtaan.

Tämä viitekehys kuvaa ja havainnollistaa PISA 2006 -tutkimuksessa arvioituja luonnontieteellisiä taitoja, tietoja ja asenteita (kaavio 1.11) sekä koetehtävien käyttöympäristöjä. Koetehtävät ryhmiteltiin tehtäväkokonaisuuksiksi. Niistä jokainen alkoi taustamateriaalilla, joka loi tehtäville käyttöympäristön. Tutkimuksessa käytettiin erilaisia tehtävämuotoja, ja joistakin tehtävistä annettiin osittaisia pisteitä. Yli puoleen tehtäväkokonaisuuksista oli liitetty asennetehtäviä, jotka veivät noin 11 % koeajasta.

Kaavio 1.11 ■ Luonnontieteellisen osaamisen pääulottuvuudet PISA 2006 -tutkimuksessa

Taidot	Tiedot	Asenteet
Ilmiöiden tunnistaminen	Sisältötieto	Kiinnostus luonnontieteitä kohtaan ¹
Ilmiöiden selittäminen	-Fysikaaliset järjestelmät	Luonnontieteellisen tutkimuksen vaaliminen
Todistusaineiston käyttö	-Elolliset järjestelmät	Vastuullisuus luonnonvarojen ja ympäristöä kohtaan ²
	-Maapallon ja avaruuden järjestelmät	
	Menetelmätieto	
	-Luonnontieteellinen tutkimus	
	-Luonnontieteelliset selitykset	

1. Koetehtäviin liitetyt kysymykset mittaavat ”kiinnostusta oppia lisää luonnontieteistä”

2. Ei arvioitu koetehtäviin liitetyillä kysymyksillä

Oppilaiden luonnontieteiden sisältötietoutta mittaavien tehtävien suhde luonnontieteiden menetelmätietoutta mittaaviin tehtäviin oli noin 3:2. Vähintään 25 % tehtävistä mittasi kutakin kolmesta luonnontieteellisestä taidosta. Tällöin pitäisi olla mahdollista laatia osaamisasteikko kuvataunlaisine taitotasoinen erikseen kaikista kolmesta taidosta tai kahdesta tiedon osa-alueesta. Asteikot voidaan niin ikään laatia asenteista, joita arvioitiin koetehtäviin sisällytetyillä kysymyksillä.

Lisäesimerkkejä, jotka havainnollistavat luonnontieteen arvioinnin viitekehystä PISA-tutkimuksessa, on koottu liitteeseen A.



Viitteet

1. Tässä viitekehyksessä ilmaus ”luonto” kattaa myös ihmisen toiminnan aiheuttamat muutokset, teknologian muovaama ”aineellinen maailma” mukaan lukien.
2. PISA-ohjelman käsite luonnontieteellisestä osaamisesta (literacy) on verrattavissa DeSeCon (OECD, 2003b) määritelmään taidosta (competency) siinä mielessä, että molemmat sisältävät tietojen ja taitojen lisäksi myös asenteet ja arvot.
3. Ei edellytetä tietoa teknisten laitteiden (kuten lentokoneet, moottorit, tietokoneet) suunnittelusta tai sisäisestä toiminnasta.

Lukemisen osaaminen



AIHEPIIRIN MÄÄRITELMÄ

Lukemisen osaamisen määritelmä on muuttunut samalla kun yhteiskunta, talous ja kulttuuri ovat muuttuneet. Oppimisen ja etenkin elinikäisen oppimisen käsite on laajentanut *lukemisen osaamisen* määritelmää. Lukemisen osaamisena ei enää pidetä ainoastaan lapsena alakoulussa hankittua lukutaitoa, vaan se mielletään alati lisääntyviksi tiedoiksi, taidoiksi ja strategioiksi, joita yksilöt kehittävät koko elämänsä ajan eri tilanteissa vuorovaikutuksessa ikätovereidensa ja muun yhteisön kanssa.

PISA-osallistujamaiden valitsemat lukutaidon asiantuntijat ovat yksimielisesti valinneet tähän tutkimukseen seuraavan *lukemisen osaamisen* määritelmän:

Lukemisen osaaminen on kirjoitettujen tekstien ymmärtämistä, käyttöä ja arviointia, jonka tarkoituksena on lukijan omien päämäärien saavuttaminen, tietojen ja valmiuksien kehittäminen sekä yhteiskuntaelämään osallistuminen.

Tämä määritelmä on laajempi kuin se käsitys, että *lukemisen osaaminen* olisi vain lukutaitoa. *Lukemisen osaaminen* on myös kirjoitetun tiedon ymmärtämistä, pohdiskelua ja käyttöä mitä erilaisimpiin tarkoituksiin. Siinä otetaan huomioon lukijan aktiivinen ja vuorovaikutteinen rooli hänen etsiessään merkityksiä kirjoitetusta tekstistä. Määritelmä kattaa niiden tilanteiden kirjon, joissa *lukemisen osaamisella* on merkitystä nuorille aikuisille, yksityisesti ja julkisesti, koulussa ja työssä, aktiivisina kansalaisina ja elinikäisinä oppijoina. Siinä korostetaan lukemisen ulottuvuutta mahdollisuuksien antajana. Osaaminen antaa mahdollisuuden omien henkilökohtaisten toiveiden täyttämiseen, kuten koulutuspätevyyden tai työpaikan saamiseen, mutta myös laajempiin tavoitteisiin, jotka rikastavat ja avartavat elämää. Luku- ja kirjoitustaito tarjoavat lukijalle kielelliset välineet, jotka ovat yhä tärkeämpiä vastattaessa vaatimuksiin, joita nyky-yhteiskunta ihmiselle asettaa muodollisine instituutioineen, massiivisine byrokratioineen ja monimutkaisine oikeusjärjestelmineen.

Lukijat reagoivat tiettyyn tekstiin eri tavoin yrittäessään ymmärtää ja käyttää lukemaansa. Tässä dynaamisessa prosessissa on monia tekijöitä, joista osaa voidaan muunnella PISA-tutkimuksessa. Näitä ovat lukutilanne, itse tekstin rakenne ja tekstiä koskevien kysymysten luonne. Kaikki nämä tekijät ovat tärkeitä lukutehtäviä laadittaessa. Niitä käsitellään seuraavassa tarkemmin.

TEKSTIMUOTO

PISA-tutkimuksessa lähtökohtana on jatkuvien ja jatkumattomien tekstien erottelu.

- *Jatkuvat tekstit* muodostuvat lauseista ja virkkeistä, jotka järjestyvät kappaleiksi. Niistä voi koostua vielä laajempia tekstirakenteita kuten jaksoja, lukuja ja kokonaisia kirjoja. Jatkuvan tekstin ensisijainen luokitteluperuste on sen retorinen tarkoitus eli tekstityyppi, esim. vakuuttaminen, informoiminen tai huvittaminen.
- *Jatkumattomat tekstit* (dokumentit) voidaan luokitella kahdella tavalla. Toinen on rakennetta korostava lähestymistapa, jota Kirsch ja Mosenthal (1989–1991) ovat käyttäneet omassa tutkimuksessaan. He luokittelevat jatkumattomat tekstityypit erilaisten luetteloiden avulla. Jaottelu on hyödyllinen, kun halutaan hahmottaa jatkumattomien tekstityyppien yhtäläisyyksiä ja eroja. Toinen tapa luokitella on käyttää yleiskielisiä kuvauksia, kuten tehdään PISA-tutkimuksessa.

Jatkuvat tekstit

Jaolla tekstityyppeihin tarkoitetaan yleisiä tapoja luokitella tekstejä toisaalta sisällön ja toisaalta kirjoittajan päämäärän mukaisesti.

- *Kerronta (narraatio)* on tekstityyppi, jossa tieto viittaa kohteiden ominaisuuksiin ajassa. Narratiiviset tekstit vastaavat tavallisesti kysymyksiin ”milloin” tai ”missä järjestyksessä”.
- *Esittely (ekspositio)* on tekstityyppi, jossa tieto esitetään käsite- ja rakennelminä tai mentaalisina heräteinä, joita vasten käsitteitä tai mentaalisia asioita voidaan eritellä. Teksti tarjoaa selityksen siitä, miten käsite- ja rakennelman eri asiat ovat vuorovaikutuksessa keskenään muodostaen ymmärrettävän kokonaisuuden, ja vastaa usein kysymykseen ”miten”.
- *Kuvaus (deskriptio)* on tekstityyppi, jossa tieto viittaa kohteiden ominaisuuksiin tilassa. Tällainen teksti vastaa usein kysymykseen ”mikä” tai ”mitä”.
- *Todistelu (argumentaatio)* on tekstityyppi, joka kuvaa väittämien suhdetta käsitteisiin tai muihin väittämiin. Tällaiset tekstit vastaavat usein kysymykseen ”miksi”. Todistelevan tekstin tärkeinä alalajina voidaan pitää suostuttelevia tekstejä.
- *Ohjeistus (instruktio)* on tekstityyppi, joka kertoo lukijalle käyttäytymistä koskevat toimintaohjeet, menettelytavat, säännöt, asetukset ja säädökset.
- *Asiakirjat (kortit, lomakkeet)* ovat tekstejä, joiden tarkoituksena on yhtenäistää ja säilyttää tietoa. Ne ovat sekä tekstinä että muotona usein virallisia ja määrätynlaisia.
- *Hyperteksti (ristiviittaus)* on kooste tai nippu tekstejä, jotka on linkitetty toisiinsa niin, että ne voidaan lukea eri järjestyksessä, ja lukija voi itse päättää etenemisreitinsä.

Jatkumattomat tekstit

Jatkumattomat tekstityypit on jäsennetty eri tavalla kuin jatkuvat tekstit, joten ne edellyttävät lukijalta moniulotteisia lukutapoja. Seuraava jatkumattomien tekstien luokittelu perustuu arkikokemukseen. Luokittelun parantaminen edellyttää tarkempaa keskustelua ja kehitystyötä.

- *Kuviot ja kaaviot* ovat tiedon kuvallisia esitystapoja. Niitä käytetään tieteellisen tiedon esittämisessä mutta myös sanoma- ja aikakauslehdissä havainnollistamaan numeerista tai taulukkomuotoista tietoa.
- *Taulukot* ovat riveittäin ja sarakkeittain järjestettyjä luku- tai kirjainkokonaisuuksia. Tavallisesti jokaisen rivin ja sarakkeen tiedoilla on yhteisiä ominaisuuksia, jotka tekevät niistä tekstin tietorakenteen osia. Taulukot ovat usein laskelmia, tilauslomakkeita tai hakemistoja.
- *Kaavakuva* esiintyy usein teknisissä yhteyksissä (esim. esitys kodinkoneen osista), selonteoissa ja käyttöohjeissa (esim. kuvaus kodinkoneen kokoamisesta). On hyödyllistä erotella rakenteelliset (miten) ja toiminnalliset (miten jokin toimii) kaavakuvat.
- *Kartat* ovat jatkumattomia tekstejä, jotka kuvaavat eri paikkojen välisiä maantieteellisiä suhteita. Karttoja on monenlaisia. Tiekartat kertovat eri paikkojen väliset reitit ja etäisyydet. Temaattiset kartat kuvaavat paikkojen välisiä suhteita sekä sosiaalisia ja fyysisiä piirteitä.



- *Lomakkeet (forms)* ovat järjestettyjä tekstejä, joiden käyttö edellyttää tiedon selkeää jäsentämistä. Monet organisaatiot käyttävät lomakkeita tiedon keruuseen. Lomakkeissa on usein valmiita vaihtoehtovastauksia. Tavallisia lomakkeita ovat veroilmoitukset, maahantulolomakkeet, viisumihakemukset, työnhakulomakkeet, tilastokyselyt jne.
- *Taulukkotiedotteet (information sheets)* eroavat lomakkeista siinä, että tiedon keräämisen sijaan ne tarjoavat sitä. Ne tiivistävät tiedon järjestäytyneesti, jotta lukija voi helposti ja nopeasti löytää tarvitsemansa tiedot. Taulukkotiedotteissa voi olla tekstiä eri muodoissa, samoin kuin luetteloita, kaavioita ja erityyisiä tekstipohjaisia taittokeinoja (otsakkeet, fontit, sisennykset, reunukset jne.), joilla tiivistetään ja korostetaan tietoa. Aikataulut, hinnastot ja ohjelmat ovat esimerkkejä tällaisista jatkumattomista teksteistä.
- *Kutsut ja mainokset* ovat tekstejä, joilla kehoitetaan lukijaa toimimaan, esim. ostamaan tuotteita tai palveluita, osallistumaan tilaisuuksiin tai kokouksiin, valitsemaan henkilö johonkin tehtävään jne. Näiden tekstien tarkoituksena on houkutella lukijaa. Niillä tarjotaan jotain sekä vaaditaan huomiota ja toimintaa. Tähän tekstimuotoon kuuluvat mm. mainokset, kutsut, käskyt (haasteet), varoitukset ja ilmoitukset.
- *Tositteet (voucher)* vahvistavat, että niiden kantajalla on oikeus tiettyihin palveluihin. Tositteessa olevan tiedon tulee olla riittävä osoittamaan, onko se voimassa vai ei. Tavallisia tositteita ovat esimerkiksi liput ja laskut.
- *Todistukset (certificate)* ovat kirjallisia osoituksia sopimuksen voimassaolosta. Niiden sisältö on muotoa tärkeämpi. Niihin vaaditaan allekirjoitus yhdeltä tai useammalta henkilöltä, jolla on lupa tai pätevyys vakuuttaa esitetty asia todeksi. Tällaisia asiakirjoja ovat takuutodistukset, koulutodistukset, diplomit, sopimukset jne.

Oppilaiden PISA-tutkimusta varten lukemien tekstityyppien jakautuminen ei ole arvioinnissa merkityksellinen tekijä. Kaaviossa 2.1 esitetään tehtävien jakautuminen jatkuviin ja jatkumattomiin teksteihin PISA-tutkimuksessa vuonna 2000 (lukutaito pääaihepiirinä) sekä vuosina 2003 ja 2006 (lukutaito sivuaihepiirinä). Kaaviosta näkyy, että vuosien 2000, 2003 ja 2006 arvioinneissa jatkuvat tekstit edustavat kahta kolmasosaa kaikista tehtävistä. Edelleen kaikissa kolmessa arvioinnissa tämän osan suurin prosenttiosuus koostuu esittelyteksteistä.

TEHTÄVIEN OMINAISUUDET

Tehtäviä kuvaillaan kolmesta eri näkökulmasta: lukuprosessin vaiheet, joiden kautta tehtävä näytetään oppilaalle; tehtävämuodot, jotka määrittävät, millaista osaamista tehtävässä tulee osoittaa; ja pisteytysäännöt, joilla täsmennetään, miten oppilaiden vastauksia tulee arvioida. Seuraavassa käsitellään näitä kaikkia vuorollaan, joskin ensimmäiseen on kiinnitettävä muita enemmän huomiota.

Lukemisprosessin viisi vaihetta

Lukemisen osaamisen PISA-arvioinnissa on pyrkimyksenä hyödyntää tosielämää vastaavia lukutilanteita. Siksi siinä mitataan viittä lukuprosessin vaihetta, jotka kuvaavat kattavasti tekstin ymmärtämistä, oli teksti sitten jatkuva tai jatkumaton. Oppilaiden halutaan osoittavan taitonsa kaikissa näissä vaiheissa, jotka ovat:

Kaavio 2.1 ■ Lukemisen osaamisen arviointitehtävien jakautuminen tekstimuodoittain ja -tyypeittäin

Tekstimuoto ja -tyyppi	Lukemisen osaaminen pääaihepiirinä (PISA 2000)		Lukemisen osaaminen sivuaihepiirinä (PISA 2003 ja 2006)	
	Tekstimuodon ja -tyypin osuus lukutehtävistä (%)		Tekstimuodon ja -tyypin osuus kaikista koetehtävistä (%)	
Jatkuva				
Kerronta	21	17	14	11
Esittely	36	67	24	43
Kuvaus	14	17	9	11
Todistelu ja vakuuttaminen	20	-	13	-
Ohjeistus	10	-	7	-
Yhteensä¹	100	100	68	64
Jatkumaton				
Kuviot ja kaaviot	37	20	12	7
Taulukot	29	40	9	14
Kaavakuvat	12	-	4	-
Kartat	10	10	3	4
Lomakkeet	10	30	3	11
Mainokset	2	-	1	-
Yhteensä¹	100	100	34	37

1. Pyöristysten takia eri kohtien yhteissumma ei välttämättä vastaa kokonaistulosta.

- Tiedon etsiminen
- Yleiskäsityksen muodostaminen
- Tulkinnan muodostaminen
- Tekstin sisällön arviointi
- Tekstin muodon arviointi

Tekstin ymmärtäminen sisältää kaikki nämä vaiheet. Tutkimuksessa oletetaan, että jokainen lukija, yleisestä taidostaan riippumatta, pystyy osoittamaan jonkinlaista kykyä niissä kaikissa (Langer, 1995). Vaikka näiden viiden ulottuvuuden välillä onkin yhteyksiä ja ne saattavat edellyttää useita samoja taustataitoja, onnistunut suoritus yhdellä alueella ei välttämättä takaa menestystä toisella. Joidenkin tutkijoiden mukaan nämä taidot sisältyvät kaikkien lukijoiden osaamiseen kehitystasosta riippumatta, eikä niin, että ne muodostaisivat portaittain omaksuttavan taitohierarkian.

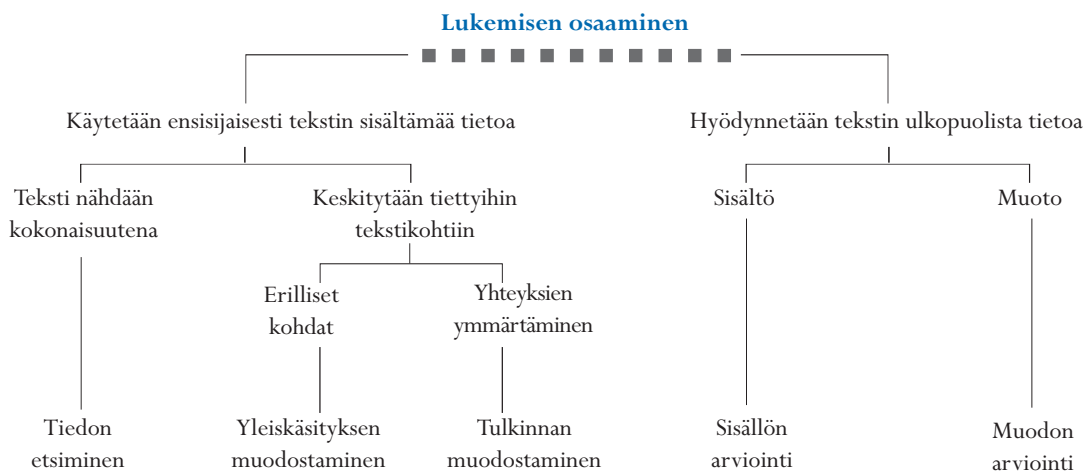
Kaaviossa 2.2 esitetään puurakenteena viiden PISA:ssa mitattavan lukemisen osaamisen vaiheen tärkeimmät ominaispiirteet. Vaikka kaavio väistämättä yksinkertaistaa kutakin vaihetta, se auttaa jäsentämään ja muistamaan niiden keskinäisiä suhteita. Viisi vaihetta (kaaviossa alhaalla) voidaan erottaa neljän piirteen perusteella (kaaviossa ylhäältä alkaen). Ensimmäinen ominaispiirre erottaa vaiheet sen mukaan, odotetaanko lukijan käyttävän hyväkseen pääasiassa tekstistä saatavaa vai myös muuta tietoa. Toinen ominaispiirre jaottelee sitä, onko lukijan keskittyttävä enemmän tekstin itsenäisiin osiin vai tekstin sisältämän tiedon keskinäisiin suhteisiin. Joskus lukijoiden odotetaan poimivan yksittäisiä tietoja ja toisinaan taas osoittavan, että he ymmärtävät tekstin sisältämän tiedon



sisäiset suhteet. Keskittyminen joko koko tekstiin tai tekstin osien välisiin suhteisiin on kolmas lukuprosessin vaiheita erottava piirre. Neljäs ominaispiirre jaottelee sen mukaan, tuleeko lukijan käsitellä lähinnä tekstin sisältöä vai sen rakennetta.

Lukemisprosessin viisi vaihetta esitetään kaavion 2.2 alarivillä jokaisen haaran lopussa. Seuraamalla jokaista haaraa kaavion huipulta alkaen voidaan nähdä, mitkä piirteet kuhunkin vaiheeseen liittyvät.

Kaavio 2.2 ■ Lukemisen osaamisen viiden vaiheen ominaispiirteet



Seuraavassa tarkastellaan lukemisprosessin vaiheiden havainnollistamista ja liittämistä tietynlaisiin tehtäviin. Vaikka kutakin vaihetta käsitellään yhden tekstin kannalta, jokaista voi soveltaa monenlaisiin teksteihin, jos ne esitetään omana tehtäväkokonaisuutenaan. Jokaisen vaiheen kuvaus on kaksiosainen. Ensin luodaan yleiskatsaus vaiheeseen, sitten kuvaillaan erilaisia tapoja arvioida sitä.

Tiedon etsiminen

Arkielämässä lukija tarvitsee usein jonkin tarkoin määrätyn tiedon, kuten puhelinnumeron tai linja-auton tai junan lähtöajan. Tieto halutaan löytää, jotta voitaisiin varmistaa tai osoittaa vääräksi jonkun toisen esittämä väite. Tällaisissa tilanteissa lukija tarvitsee yksittäisiä tietoja. Ne löytääkseen lukijan on silmäiltävä, etsittävä, paikannettava ja valittava tarvitsemansa. Luettua prosessoidaan tällöin yleensä lauseen tasolla. Joskus tieto tosin saattaa olla kahdessa tai useammassa lauseessa tai eri kappaleissa.

Tiedon etsimistä edellyttävissä tehtävissä oppilaiden on yhdistettävä kysymyksen sisältämä tieto tausta-aineistoon, jossa tieto esitetään joko samoin sanoin tai synonyymein. Tällaisissa tehtävissä *tiedon etsiminen* perustuu tekstiin tai tausta-aineistoon ja siitä selkeästi löytyvään tietoon. Tiedonetsimistehtävissä oppilaan tulee löytää tieto kysymyksissä esitettyjen vaatimusten perusteella. Oppilaan on havaittava tai tunnistettava yksi tai useampi kysymyksen erittelemä vaatimus: henkilöt, paikka tai aika, tilanne jne., ja haettava tekstistä joko sananmukainen tai synonyymiluonteinen vastine.



Tiedonetsimistehtävät voivat olla enemmän tai vähemmän moniselitteisiä. Oppilaan on esimerkiksi valittava tietty täsmällinen tieto, vaikkapa löydettävä aika tai paikka tekstistä tai taulukosta. Vaikeampi versio tästä on etsiä samasta tehtävästä synonyymein ilmaistu tieto. Tällöin vaaditaan luokittelutaitoa tai kykyä erottaa kaksi samankaltaista tietoa toisistaan. Tähän ymmärtämisprosessiin liittyviä erilaisia taitotasoja voidaan mitata muuntelemalla systemaattisesti tehtävän vaikeusasteeseen vaikuttavia tekijöitä.

Yleiskäsityksen muodostaminen

Muodostaakseen yleiskäsityksen lukemastaan lukijan täytyy pohtia tekstiä kokonaisuutena tai muutoin laajasta näkökulmasta. Arvioinnissa oppilaat voivat osoittaa tällaista ymmärryskykyään tunnistamalla tekstin pääaiheen tai -viestin tai tekstin yleistavoitteen tai käyttötarkoituksen. Tehtävissä lukijan on esimerkiksi valittava tai keksittävä tekstin otsikko tai pääväittäjä, kuvattava yksinkertaiset ohjeet oikeassa järjestyksessä, tai tunnistettava kaavion tai taulukon pääulottuvuudet. Tehtävissä voidaan myös pyytää oppilasta kuvailemaan kertomuksen päähenkilöä, toimintaympäristöä tai tapahtumapaikkaa, tunnistamaan kaunokirjallisen tekstin teema tai sanoma, tai selostamaan kartan tai kaavion merkitystä tai käyttöä.

Joissakin tehtävissä oppilaan on osattava liittää tietty tekstinosa itse kysymykseen, esimerkiksi kun teema tai johtoajatus sanotaan tekstissä suoraan. Toisinaan oppilaan pitää keskittyä useampaan kuin yhteen tekstinkohtaan, esimerkiksi jos on pääteltävä teema jonkin tietokategorian toistumisen perusteella. Valitakseen johtoajatuksen lukijan on kyettävä hahmottamaan ajatusten välinen hierarkia ja valitsemaan niistä yleisin ja kattavin. Tällainen tehtävä osoittaa, pystyykö oppilas erottamaan avainseikat sivuseikoista tai tunnistamaan pääteeman tiivistettynä lauseeseen tai otsikkoon.

Tulkinnan muodostaminen

Voidakseen *muodostaa tulkinnan* tekstistä lukijan on laajennettava ensivaikutelmiaan niin, että luetusta kehittyä tarkempi tai täydellisempi käsitys. Lukemisprosessin tätä vaihetta arvioivissa tehtävissä tarvitaan loogista ajattelua; on käsiteltävä tiedon järjestymistä tekstissä. Näin tehdessään lukija osoittaa kykyä ymmärtää asioiden välisiä yhteyksiä, vaikka ei pystyisikään jäsentyneesti siitä kertomaan. Joskus lukija tarvitsee tulkinnan kehittämiseen vain kahden lauseen jaksoa, joista välittyy paikallinen asioiden välinen yhteys. Tekstissä saattaa olla tätä helpottamassa esimerkiksi järjestystä osoittavia ilmaisuja, kuten ”ensimmäiseksi” ja ”toiseksi”. Hankalammissa tapauksissa (esim. syy- ja seuraussuhteita ilmaisemassa) ei selkeitä osoittimia välttämättä ole.

Esimerkkejä tehtävätyypeistä, joilla lukemisprosessin tätä vaihetta arvioidaan, ovat tietojen vertailu ja vastakkainasettelu, päättely sekä päätelmää tukevien todisteiden tunnistaminen ja luettelointi. Vertailu- ja vastakkainasettelutehtävissä oppilaan on kyettävä havaitsemaan yhteys kahden tai useamman tekstistä löytyvän tiedon välillä. Voidakseen käsitellä suoraa tai epäsuoraa tietoa yhdestä tai useammasta lähteestä lukijan tarvitsee usein päätellä, mikä suhde tai kategoria on kyseessä. Samaa luetunymmärtämisprosessia arvioidaan myös tehtävillä, joissa lukijan on pääteltävä kirjoittajan päämäärä ja tunnistettava todisteet, joilla se perustellaan.



Tekstin sisällön arviointi

Tekstin sisältöä arvioidessaan lukijan on yhdistettävä tekstin sisältämää tietoa muista lähteistä peräisin olevaan tietoon. Lukija myös arvioi tekstissä esitettyjä väitteitä oman yleistietonsa perusteella. Tehtävissä lukijaa usein pyydetään esittämään oma näkemyksensä ja puolustamaan sitä. Kyetäkseen tähän lukijan on pystyttävä kehittämään käsitys siitä, mitä tekstissä sanotaan ja tarkoitetaan. Sitten hänen on verrattava muodostamaansa kuvaa siihen, mitä tietää ja uskoo joko aiemman tiedon tai muista teksteistä löytyneen tiedon perusteella. Lukijan tulee käsitellä tekstin sisältämiä todisteita ja verrata niitä muihin tietolähteisiin käyttämällä yleis- ja erityistietoaan sekä abstraktia järkeilykykyään.

Tämän vaiheen osaamista arvioidaan tehtävillä, joissa on mm. esitettävä tekstin ulkopuolisia todisteita tai väittämiä, arvioitava tietyn tiedon tai todisteen merkitsevyyttä, tai vertailtava moraalisia tai esteettisiä sääntöjä. Oppilasta saatetaan pyytää esittämään tai tunnistamaan vaihtoehtoisia tietoa, joka voisi tukea kirjoittajan väittämää, tai arvioimaan tekstissä esitettyjen todisteiden tai tietojen riittävyyttä.

Ulkopuolinen tieto, johon tekstin sisältämää tietoa yhdistetään, voi olla oppilaan omaa tietoa, tai tietoa arvioinnin muista teksteistä tai itse kysymyksessä lausutuista ajatuksista.

Tekstin muodon arviointi

Tämän vaiheen osaamista arvioivissa tehtävissä lukijan on irrottauduttava tekstistä, tarkasteltava sitä objektiivisesti sekä arvioitava sen laatua ja sopivuutta käyttötarkoitukseensa. Tekstin rakennetta, tyyliä ja sävyä koskeva tieto on tärkeää. Näillä kirjailijan ammatissa tarvittavilla välineillä on vahva asema tällaisten tehtävien vaatimusten ymmärtämisessä. Jotta voisi arvioida, kuinka hyvin kirjoittaja on onnistunut kuvaamaan tiettyjä piirteitä tai vakuuttamaan lukijan, ei tarvita pelkästään asiantietoa vaan myös kykyä havaita kielen vivahteita – esimerkiksi kykyä ymmärtää, miten adjektiivin valinta vaikuttaa tulkintaan.

Tekstin muotoa arvioivissa tehtävissä tarkastellaan tekstin sopivuutta tiettyyn tarkoitukseen ja arvioidaan kirjoittajan tapaa käyttää erilaisia kirjallisia keinoja tietyn tavoitteen saavuttamiseen. Oppilasta voidaan myös pyytää kuvailemaan tai kommentoimaan kirjoittajan tyyliä sekä tunnistamaan kirjoittajan asenne ja pyrkimykset.

Tehtävien jakauma

Kaaviossa 2.3 näkyy lukemisen osaamista mittaavien tehtävien jakauma kolmella asteikolla, jotka on laadittu viiden edellä kuvatun lukemisprosessin vaiheen pohjalta. Vuosien 2000, 2003 ja 2006 PISA-tutkimuksissa suurin osuus eli noin 50 % tehtävistä on sellaisia, joissa oppilasta pyydetään keskittymään tekstin sisältämään tietoon. Niissä oppilaan on joko muodostettava laaja yleiskäsitys tai tulkinta. Raportointia varten ne on ryhmitelty yhdeksi prosessiksi, tekstien tulkinnaksi. Toiseksi suurin kategoria, 29 %, koostuu tehtävistä, joissa arvioidaan oppilaan taitoja irrallisten tietojen etsimisessä. Kaikissa prosesseissa – yleiskäsityksen muodostamisessa, tiedon etsimisessä ja tulkinnan muodostamisessa – keskitytään pääosin tekstin sisältämän tiedon ymmärtämiseen ja käyttämiseen. Lopuissa, noin 20 %:ssa tehtävistä, oppilaan on arvioitava joko tekstin sisältämää tietoa tai tekstin sisältöä ylipäätään tai tekstin rakennetta ja muotoa.

Kaavio 2.3 ■ Lukemisen osaamisen tehtäväjakauma lukemisprosessin vaiheiden mukaan

■ Lukemisen osaaminen pääaihepiirinä (PISA 2000)
 ■ Lukemisen osaaminen sivuaihepiirinä (PISA 2003 ja 2006)

Lukemisen vaihe	Prosenttia tehtävistä	
Tiedon etsiminen	29	29
Tekstien tulkinta	49	50
Sisällön ja muodon arviointi	22	21
Yhteensä¹	100	100

1. Pyöristysten takia eri kohtien yhteissumma ei välttämättä vastaa kokonaistulosta.

Tehtävämuodot

PISA-tutkimuksen lukutaitotehtäviin kuuluu erilaisia monivalintatehtäviä sekä avoimia tehtäviä, joihin oppilaiden tulee vastata omin sanoin sen sijaan, että valitsisivat valmiiden vaihtoehtojen joukosta. Erilaiset tehtävät on niin ikään arvosteltava eri tavoin. Kaaviosta 2.4 (oikealta vasemmalle) nähdään, että PISA-arvioinneissa vuosina 2000, 2003 ja 2006 noin 43 % lukemisen osaamista mittaavista tehtävistä oli laajoja avoimia tehtäviä. Niiden pisteytys edellyttää tarkastajalta arviointia. Osa tehtävistä oli suppeita avoimia tehtäviä, joiden pisteytys on vähemmän vaativaa. Lisäksi on yksiosaisia monivalintatehtäviä, joissa oppilas valitsee yhden vastausvaihtoehdon, sekä moniosaisia monivalintatehtäviä, joissa valitaan useampi kuin yksi vastaus.

Vaikka kaikkia vaihteita arvioidaan sekä monivalinta- että avoimilla tehtävillä, kaavio osoittaa niiden jakauman olevan hyvin epätasainen.

Monivalintatehtäviä on eniten tekstin tulkintavaiheeseen liittyen, kuten kaavion 2.4 toiselta riviltä nähdään. Vaikka vuosien 2000, 2003 ja 2006 PISA-tutkimuksissa oli sisällön ja muodon arviointitehtäviä 20 %, niistä vain 2 % oli monivalintatehtäviä vuonna 2000. Sisällön ja muodon

Kaavio 2.4 ■ Lukutaitotehtävien jakauma lukemisen vaiheiden ja tehtävämuotojen mukaan

■ Lukemisen osaaminen pääaihepiirinä (PISA 2000)
 ■ Lukemisen osaaminen sivuaihepiirinä (PISA 2003 ja 2006)

Lukemisen vaihe	Tehtävämuodot									
	Yksiosaiset monivalinta-tehtävät (%)		Koostetut monivalinta-tehtävät (%)		Suppeat avoimet tehtävät (%)		Laajat avoimet tehtävät ¹ (%)		Yhteensä ²	
Tiedon etsiminen	8	-	2	4	6	14	13	11	29	29
Tekstien tulkinta	32	29	2	4	2	7	13	11	49	50
Sisällön ja muodon arviointi	2	-	2	-	-	-	18	21	22	21
Yhteensä²	42	29	6	7	9	21	44	43	100	100

1. Tämä luokka sisältää tehtävät, joihin vastataan lyhyesti.

2. Pyöristysten takia eri kohtien yhteissumma ei välttämättä vastaa kokonaistulosta.



arviointitehtävistä 20 % on laajoja avoimia kysymyksiä, joiden pisteytys edellyttää tarkastajalta huolellista arviointia.

Vastausten arvostelu

Kaksijakoisesti pisteytettyjen monivalintatehtävien tarkastaminen on verraten helppoa: oppilas on joko valinnut oikean vastauksen tai sitten ei. Monimutkaisempien tehtävien vastauksia voi arvostella monipuolisemmin osittaispisteytyksen avulla. Koska jotkut ”väärit” vastaukset ovat lähempänä oikeaa kuin toiset, ”melkein oikein” vastanneet oppilaat saavat osittaiset pisteet. Tällaisen monijakoisen pisteytyksen psykometriset mallit ovat jo käytössä vakiintuneet. Monijakoinen pisteytys on tietyllä tapaa suotavampi kuin kaksijakoinen, koska siinä vastauksen sisältö otetaan tarkemmin huomioon. Koostettujen monivalintatehtävien monijakoinen pisteytys on kuitenkin hankalampaa, koska jokainen tehtävä paikantuu useaan kohtaan vaikeusasteikolla: yksi kohta vastaa täysin oikeaa vastausta ja muut osittain oikeita. Osittaispisteytystä käytetään PISA-tutkimuksessa joidenkin avoimien tehtävien arvostelussa.

KÄYTTÖTILANTEET

Euroopan neuvoston kieliä käsittelevästä työstä lainattiin PISA-tutkimuksessa käytetty tapa määrittellä lukemistilanteet. Siinä tilanteet jaetaan neljään ryhmään: *lukeminen yksityisiin tarkoituksiin*, *lukeminen julkisiin tarkoituksiin*, *lukeminen työtarkoituksiin* ja *lukeminen koulutustarkoituksiin*. Vaikka PISA:n lukemisen osaamisen arvioinnissa oli tavoitteena mitata lukemista sekä luokassa että muualla, tilanteita ei voitu määrittellä pelkästään paikan perusteella. Esimerkiksi oppikirjoja luetaan niin koulussa kuin kotonakin ja tällaisten tekstien lukemisen vaiheet ja tavoitteet eivät juuri muutu eri käyttöyhteyksissä. Lisäksi lukutapahtumaa luonnehtivat myös kirjoittajan päämäärät, erilaiset sisällöt sekä se, että toisinaan muut (esim. opettajat ja työnantajat) päättävät, mitä luetaan ja miksi.

Näin ollen tässä arvioinnissa käyttötilanne tarkoittaa tekstin yleisluokittelua, joka perustuu kirjoittajan päämääriin, lukijan suhteeseen suorasti tai epäsuorasti tekstiin liittyviin muihin ihmisiin sekä tekstin yleiseen sisältöön. Tutkimukseen valitut tekstit on kerätty monenlaisista tilanteista, jotta sisältö olisi mahdollisimman monipuolinen. Erityisesti kiinnitettiin huomiota valittujen tekstien alkuperään. Tavoitteena oli saattaa tasapainoon PISA:ssa käytetty *lukemisen osaamisen* laaja määritelmä sekä osallistujamaiden kielellinen ja kulttuurinen monimuotoisuus. Tekstien monipuolisuudella haluttiin varmistaa, ettei arvioinnissa käytetyn aineiston sisältö aseta mitään ryhmää muita parempaan tai huonompaan asemaan.

Euroopan neuvoston kieliä käsittelevästä työstä poimitut neljä lukemistilannetyyppeä ovat seuraavat:

- *Lukeminen yksityisiin tarkoituksiin*: Tällaisella lukemisella yksilö tyydyttää omaa käytännöllistä ja älyllistä mielenkiintoaan. Tähän kuuluu myös lukeminen, jonka välityksellä ylläpidetään tai kehitetään henkilökohtaisia suhteita muihin ihmisiin. Tyypillisiä esimerkkejä ovat henkilökohtaiset kirjeet, kaunokirjallisuus, elämäkerrat ja tietoa sisältävät tekstit, joita luetaan uteliaisuudesta, harrastus- ja rentoutumismielessä.
- *Lukeminen julkisiin tarkoituksiin*: Tällaista lukemista esiintyy osallistuttaessa laajempaan yhteiskunnalliseen toimintaan. Siinä käytetään virallisia asiakirjoja ja tietoa julkisista tapahtumista. Näissä tilanteissa henkilön suhde muihin on yleensä enemmän tai vähemmän anonyymi.

- **Lukeminen työtarkoituksiin:** Vaikka kaikkien 15-vuotiaiden ei vielä tarvitse lukea työssään, on tärkeää arvioida heidän valmiuttaan siirtyä työelämään, sillä useimmissa maissa heistä yli 50 % siirtyy osaksi työvoimaa vuoden tai kahden kuluessa. Tällaisiin tehtäviin viittaavat usein sellaiset ilmaisut kuin ”ohjeiden lukeminen” ja ”ohjeistus” (Sticht, 1975; Stiggins, 1982), koska ne liittyvät jonkin välittömästi käsillä olevan tehtävän suorittamiseen.
- **Lukeminen koulutustarkoituksiin:** Tämänäyttöinen lukeminen on yleensä tiedon hankintaa osana laajempaa oppimistehtävää. Useimmiten lukija ei valitse aineistoa, vaan sen määrää opettaja. Sisältö on yleensä suunniteltu nimenomaan oppimisen tueksi. Tehtävät ovat yleensä luonteeltaan oppikirjamaisia, henkilö lukee oppiakseen (Sticht 1975; Stiggins, 1982).

Kaaviossa 2.5 esitetään PISA-tutkimuksen lukemisen osaamista arvioivien tehtävien jakauma käyttötilanteittain, kun lukeminen oli pääaihepiirinä (2000), sekä sen ollessa sivuaihepiirinä (2003 ja 2006).

Kaavio 2.5 ■ Lukemisen osaamista arvioivien tehtävien jakauma käyttötilanteittain

- Lukemisen osaaminen pääaihepiirinä (PISA 2000)
- Lukemisen osaaminen sivuaihepiirinä (PISA 2003 ja 2006)

Käyttötilanne	Osuus tehtävistä (%)	
Yksityinen	20	21
Julkinen	38	25
Työ	14	25
Koulutus	28	29
Yhteensä	100	100

TULOSTEN RAPORTOINTI

Yleisen osaamisasteikon laatiminen

Lukemisen osaamista arvioivat tehtävät on suunniteltu 15-vuotiaille oppilaille. Tutkimukseen heistä osallistuu kustakin maasta edustava otos. Tällä halutaan varmistaa, että arviointi antaa mahdollisimman kattavan kuvan *lukemisen osaamisesta*. Yhden yksittäisen oppilaan ei kuitenkaan voida olettaa vastaavan kaikkiin tehtäviin. Tutkimus onkin suunniteltu niin, että jokainen siihen osallistuva oppilas tekee vain osan tehtävistä, mutta samaan aikaan varmistetaan, että jokaisen tehtävän tekee maakohtaisesti edustava otos oppilaista. Koosteen laatiminen oppilaiden suorituksista kaikissa tehtävissä on näin ollen suuri haaste.

Yksinkertaistaen kooste laaditaan seuraavasti. Lukemistehtävät järjestetään jatkumolle toisaalta sen mukaan, kuinka vaikeita ne ovat oppilaille, ja toisaalta oikean vastauksen edellyttämän taitotason mukaan. Tilastomatematiikka menetelmä, jolla tätä vaikeusasteen ja taidon keskinäissuhdetta käsitellään, on nimeltään Item Response Theory (IRT). IRT:n avulla arvioidaan todennäköisyys, jolla henkilö vastaa oikein tietystä tehtäväjoukosta valittuun tehtävään. Tämä todennäköisyys mallinnetaan jatkumoksi, joka liittyy yhteen sekä henkilön taitotason että tehtävien vaikeusasteen. Tätä kykytason ja vaikeustason jatkumoa nimitetään jatkossa ”asteikoksi”.



Muut asteikot

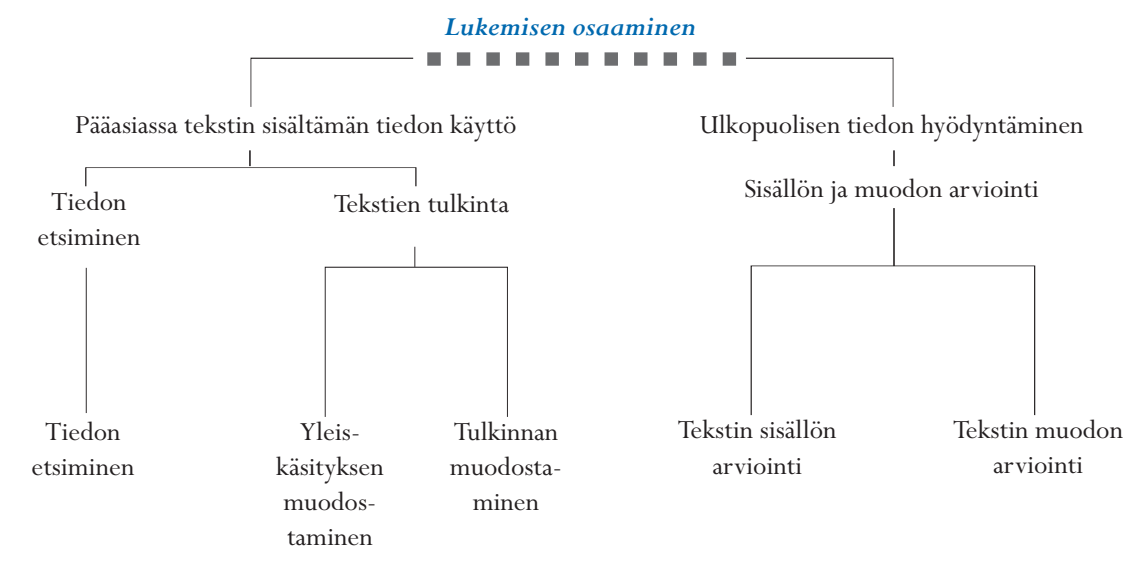
Vuoden 2006 PISA-tutkimus raportoidaan samaan tapaan kuin vuosien 2000 ja 2003 tutkimuksetkin, jolloin tulokset raportoitiin koulutuspoliittisesti tulkittavalla osaamisasteikolla. Lukemisen osaamisen arvioinnin tuloksia tarkasteltiin ensin yhdistetyllä osaamisasteikolla, jonka keskiarvo on 500 ja hajonta 100. Oppilaiden suoritukset esitettiin lisäksi viidellä tarkemmalla asteikolla: kolmella lukemisen vaiheasteikolla ("tiedon etsiminen", "tekstien tulkinta" ja "sisällön ja muodon arviointi") (OECD, 2001) sekä kahdella tekstimuotoasteikolla ("jatkuva" ja "jatkumaton" teksti) (OECD, 2002). Näillä viidellä asteikolla voidaan verrata tarkemmin keskiarvoja ja jakaumia maittain. Vaikka näiden asteikkojen välillä on vahva yhteys, niillä saadut tulokset voivat paljastaa mielenkiintoisia erityispiirteitä osallistujamaiden välillä. Kun tällaisia piirteitä ilmenee, niitä voidaan tutkia ja ottaa huomioon opetussuunnitelmissa sekä käytetyissä opetusmenetelmissä. Joissain maissa saattaa olla tärkeää pohtia, miten nykyistä opetussuunnitelmaa voitaisiin opettaa paremmin. Jossain muualla taas on ehkä pohdittava myös itse opetussuunnitelman sisältöä.

Lukemisen vaiheiden asteikot

Kaaviossa 2.6 esitetään lukemisen osaamisen tehtävät kolmen vaiheen avulla. Vaiheet on tiivistetty viidestä kolmeen raportointia varten kahdesta syystä. Ensimmäinen syy on käytännöllinen. Vuosina 2003 ja 2006 lukutaidon ollessa sivuaihepiirinä sitä testattiin vain 30 tehtävällä, kun taas vuonna 2000 lukutaidon ollessa pääaihepiirinä tehtäviä oli 141. Näin ollen saatua tietoa on liian vähän viiden eri vaiheen muutoksista raportoimiseen. Toinen syy on käsitteellinen. Nämä kolme vaihetta perustuvat viiteen kaaviossa 2.2 (s. 50) esitettyyn vaiheeseen. Yleiskäsityksen muodostaminen ja tulkinnan muodostaminen on yhdistetty "tekstin tulkinta" -vaiheeksi. Molemmissa vaiheissa lukija prosessoi tekstin sisältämää tietoa, yleiskäsityksen muodostamisessa koko tekstiä ja tulkinnan muodostamisessa yhden tekstinosan suhdetta toiseen. Tekstin sisällön arviointi ja tekstin muodon arviointi on sulautettu yhteen "sisällön ja muodon arvioinniksi". Tämä johtuu siitä, että sisällön ja muodon arvioinnin keskinäinen erottelu havaittiin käytännössä jokseenkin keinotekoiseksi.

Kaavio 2.6

■ Lukemisen osaamisen viiden vaiheen jakautuminen raportoitaviin kolmeen vaiheasteikkoon





Tekstimuotoasteikot

PISA-tutkimuksista 2003 ja 2006 voidaan esittää tuloksia tekstimuotojen suhteen, kuten julkaisussa *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries* (OECD, 2002). Kaaviossa 2.7 kootaan eri tekstimuodot ja jaetaan ne kahdeksi tekstimuodon ala-asteikoksi (jatkuvat ja jatkumattomat tekstit). Tällaisen jäsennyksen avulla voidaan tarkastella, missä määrin erimuotoisten tekstien käsittelytaidoissa on maakohtaisia eroja. Vuoden 2000 tulosten raportoinnissa kaksi kolmasosaa tehtävistä oli jatkuvia ja yksi kolmasosa jatkumattomia. Tehtävien jakauma tekstimuodon perusteella oli samanlainen vuosien 2003 ja 2006 tutkimuksissa.

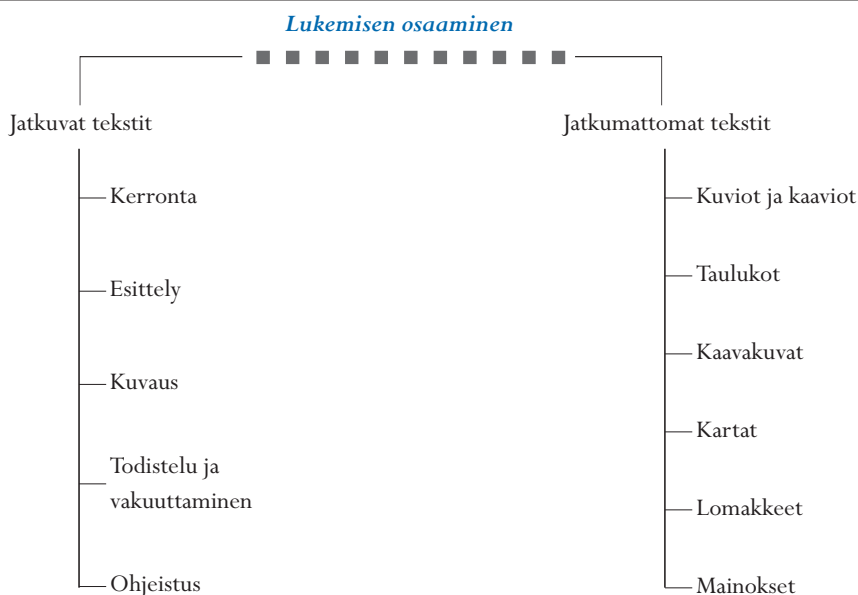
Yhdistetyllä asteikolla samoin kuin jokaisella viidellä ala-asteikolla saadut pisteet kuvaavat eritasoista osaamista. Heikko tulos osoittaa, että oppilaan tiedot ja taidot ovat hyvin rajalliset, kun taas korkea pistemäärä osoittaa, että oppilas on tiedoiltaan ja taidoiltaan edistynyt. IRT:n avulla voidaan, paitsi kerätä tietoja erilaisten oppilasryhmien osaamisesta, myös määritellä kunkin lukemisen osaamista arvioivan tehtävän suhteellinen vaikeustaso oppilaille. Aivan kuten yksilöt saavat tietyn pistemäärän sen mukaan, miten selviävät tehtävistä, jokainen tehtävä saa oman pistemäärän vaikeusasteestaan. Se määräytyy kaikkien osallistujamaiden oppilaiden suoritusten perusteella.

Tehtäväkartan laatiminen

PISA:n lukemisen osaamista arvioiva tehtäväkokonaisuus on hyvin vaihteleva tekstimuotojen, tilanteiden, vaatimustensa ja täten myös vaikeutensa suhteen. Tätä erilaisuutta voidaan kuvata tehtäväkartan (item map) avulla. Se on visuaalinen esitys lukemisen osaamisen taidoista, joita oppilaat ovat osoittaneet käytetyillä asteikoilla. Kartassa on lyhyt kuvaus siihen valituista arviointitehtävistä. Kuvauksista ilmenevät ne erityistaidot, joita tehtävällä on tarkoitus arvioida, ja avointen tehtävien kohdalla kriteerit, joilla vastauksen oikeellisuus on arvosteltu. Kuvauksia

Kaavio 2.7

■ Lukemisen osaamisen jako kahteen raportoitavaan tekstimuotoasteikkoon





tarkastelemalla nähdään, millaisia lukemistaidon prosesseja oppilailta on edellytetty, ja mitä taitoja heidän odotetaan osoittavan lukemisen osaamisen asteikon eri tasoilla.

Kaaviossa 2.8 on esimerkki PISA 2000 -tutkimuksen tehtäväkartasta. Jokaiseen tehtävään liittyvä pistemäärä perustuu oletukseen, että henkilö tiettyssä kohdassa asteikkoa on yhtä pätevä kaikissa tehtävissä, jotka ovat asteikon tällä kohdalla. PISA-tutkimuksen tarkoituksia varten päätettiin, että ”pätevyys” tarkoittaa sitä, että oppilaat tiettyssä kohtaa lukemisen osaamisen asteikkoa vastaavat 62 %:n todennäköisyydellä oikein kaikkiin kyseisen kohdan tehtäviin. Esimerkiksi kaaviossa 2.8 eräs tehtävä sijoittuu yhdistelmäasteikolla kohtaan 421. Tämä tarkoittaa, että oppilaat, joiden tulos lukemisen osaamisen yhdistelmäasteikolla on 421, vastaavat 62 %:n todennäköisyydellä oikein tehtäviin, jotka on asteikon mukaan arvioitu tasolle 421. Tämä ei tarkoita, että alle 421 pistettä saavat oppilaat vastaavat aina väärin, vaan että he vastaavat alle 62 %:n todennäköisyydellä oikein tämän vaikeustason tehtäviin. Oppilaat, joiden tulos on yli 421, vastaavat oikein yli 62 %:n todennäköisyydellä. On huomattava, että tietty tehtävä esiintyy paitsi yhdistetyllä lukemisen osaamisen asteikolla myös lukemisen vaiheiden ja tekstimuotojen asteikolla. Esimerkin tehtävässä yhdistelmäasteikon kohdassa 421 oppilaiden pitää tunnistaa kahden lyhyen tekstin yhteinen pääajatus. Kyseessä on tulkintatehtävä, joten se esiintyy sekä tekstien tulkinnan että jatkuvien tekstien asteikolla.

Lukemisen osaamistasot

Samoin kuin kunkin maan otos edustaa sen 15-vuotiaista oppilasväestöä, kukin lukemisen osaamista arvioiva tehtävä edustaa omaa tehtäväryhmäänsä. Se siis edustaa tiettyä tekstin prosessoinnin ja tekstilajin käsittelyn taitoa, jollaista 15-vuotiailta oppilailta odotetaan. Mikä sitten erottaa helpot kysymykset keskitasoisista ja vaikeista? Onko asteikon samaan kohtaan sijoituvilla tehtävillä yhteisiä piirteitä, joiden vuoksi niiden vaikeustaso on sama? Jo pikainen katsaus tehtäväkarttaan paljastaa, että tehtävät ovat erilaisia asteikon ala- ja yläpäässä. Huolellisempi tarkastelu antaa viitteitä siitä, että tietojen prosessointitaidot ja -strategiat muodostavat ryhmiä. Joukko lukemisen asiantuntijoita tutki jokaisen tehtävän tunnistaakseen muuttujat, jotka tuntuivat vaikuttavan vaikeusasteeseen. He havaitsivat, että vaikeuden määräävät osittain itse tekstin pituus, rakenne ja monimutkaisuus. Niin ikään huomattiin, että useimmissa lukemisen tehtäväkokonaisuuksissa kysymykset liikkuvat koko lukemisen osaamisen asteikolla. Tämä tarkoittaa sitä, että tehtävän yleiseen vaikeuteen vaikuttaa tekstin rakenteen lisäksi se, mitä lukijan pitää tekstillä tehdä, minkä puolestaan määrittelee tehtävään liittyvä kysymys tai ohjeistus.

Lukemisen asiantuntijaryhmän jäsenet ja testin kehittäjät tunnistivat useita asioita, jotka voivat vaikuttaa lukemisen osaamista arvioivan tehtävän vaikeuteen. Yksi selkeä tekijä on prosessi, joka sisältyy tiedon etsimiseen, tulkinnan kehittelyyn tai muodon ja sisällön arviointiin. Näiden prosessien monimutkaisuus ja hienovireisyys vaihtelee aina yksinkertaisesta tietojen yhdistelystä ideoiden luokitteluun tietyn perustein, tekstien kriittiseen arviointiin ja hypoteesien muodostamiseen teksteistä. Lisäksi tiedonetsimistehtävän vaikeus vaihtelee sen mukaan, paljonko tietoa vastaukseen tarvitaan, millaiset kriteerit tiedon tulee täyttää sekä onko löydetty tieto jäsennettävä tietyllä tavalla. Tulkinta- ja arviointitehtävien vaikeuteen puolestaan vaikuttaa merkittävästi käsiteltävän tekstin laajuus. Lukijan arviointia vaativissa tehtävissä vaikeuteen vaikuttaa myös se, tarvitaanko tekstin ulkopuolista erikoistietoa ja kuinka tuttu aihe on. Kaikissa lukemisprosessin vaiheissa tehtävän vaikeus riippuu siitä, kuinka selvästi vaadittu tieto on havaittavissa ja kuinka paljon kilpailevaa tietoa tekstissä on, sekä siitä, neuvotaanko lukijalle selkeästi, mitkä ovat ne tiedot, joita tehtävän suorittaminen vaatii.

Yhdistelmäasteikon tehtäväkartta	Lukemisen vaiheet			Teksti- muoto	
	Tiedon etsiminen	Tekstien tulkinta	Muodon ja si- sällön arviointi	Jatkuva	Jatkumaton
822 HYPOTEESEN MUODOSTAMINEN odottamattomasta tapahtumasta käyttämällä hyväksi sekä ulkopuolista tietoa että kaikkea olennaista tietoa melko vierasta aihetta käsittelevässä MONIMUOTOISISSA TAULUKOSSA . (2 pistettä)			○		○
727 Usean kuvatus tapauksen ERITTELY ja LUOKITTELU PUUKAAVIOSSA esitettyihin ryhmiin. Osa keskeisistä tiedoista on kaavion alaviitteissä. (2 pistettä)		○			○
705 HYPOTEESEN MUODOSTAMINEN odottamattomasta tapahtumasta käyttämällä hyväksi sekä ulkopuolista tietoa että jotakin olennaista tietoa melko vierasta aihetta käsittelevässä MONIMUOTOISISSA TAULUKOSSA . (1 piste)			○		○
652 PITKÄN KERTOMUKSEN lopun ARVIOINTI suhteessa tarinan teemaan tai tunnelmaan. (2 pistettä)			○	○	
645 PITKÄN KERTOMUKSEN KIELELLISTEN VIVAhteiden TARKASTELU suhteessa pääteemaan, kun tarina sisältää ristiriitaisia aineksia. (2 pistettä)		○		○	
631 Tiedon PAIKANTAMINEN PUUKAAVIOSTA alaviitteen tietojen avulla. (2 pistettä)	○				○
603 Lauseen merkityksen TULKINTA sen yhteydessä PITKÄN KERTOMUKSEEN .		○		○	
600 HYPOTEESEN MUODOSTAMINEN tekijän päätöksestä suhteuttamalla kaavakuvan tieto MONIOSAISISSA GRAAFISESSA ESITYKSESSÄ kuvattuun pääteemaan.			○		○
581 Kahden avoimen KIRJEEN tyylin VERTAILU JA ARVIOINTI .			○	○	
567 PITKÄN KERTOMUKSEN lopun ARVIOINTI yhteydessä tarinan juoneen.			○	○	
542 Kahden avoimessa KIRJEESSÄ käsitellyn ilmiön välisen ANALOGIAN PÄÄTTELEMINEN .		○		○	
540 Alkamispäivän TUNNISTAMINEN KAAVAKUVAESITYKSESTÄ .	○				○
539 PITKÄSTÄ KERTOMUKSESTA poimittujen lauseiden MERKITYKSEN TULKINTA yhteydessä tarinan tunnelmaan tai siinä käsitellyn olevaan tilanteeseen. (1 piste)		○		○	
537 PITKÄN KERTOMUKSEN sisältämien todisteiden YHDISTÄMINEN henkilökohtaisiksi mielipiteiksi, joilla perustellaan vastakkaisia näkemyksiä. (2 pistettä)			○	○	
529 Henkilön motivaation SELITTÄMINEN liittämällä toisiinsa PITKÄN KERTOMUKSEN tapahtumia.		○		○	
508 KAHDEN eri tavalla laaditun KAAVAKUVAN välisen SUHTEEN PÄÄTTELEMINEN .		○			○
486 PUUKAAVION sopivuuden ARVIOINTI eri tarkoituksiin.			○		○
485 Numeerisen tiedon PAIKANTAMINEN PUUKAAVIOSTA .	○				○
480 PITKÄN KERTOMUKSEN sisältämien todisteiden YHDISTELY henkilökohtaiseksi mielipiteeksi, jolla perustellaan tiettyä näkemystä.			○	○	
478 Tiedon PAIKANTAMINEN JA YHDISTELEMINEN KÄYRÄKAAVIOSTA ja sen esittelytekstistä, jotta saadaan pääteltyä puuttuva lukuarvo.	○				○
477 PUUKAAVION rakenteen YMMÄRTÄMINEN .		○			○
473 Kuvattujen tapausten yhdistäminen PUUKAAVIOSSA esitettyihin luokkiin, kun osa olennaisesta tiedosta on alaviitteissä.		○			○
447 KERTOMUKSEN tietyn kappaleen sisältämän tiedon TULKINTA , jonka avulla voi ymmärtää tapahtumaympäristöä.		○		○	
445 PUUKAAVION muuttujien ja RAKENTEELLISTEN PIIRTEIDEN erottaminen toisistaan.			○		○
421 KAHDEN LYHYEN TEKSTIN yhteisen TAVOITTEEN TUNNISTAMINEN .		○		○	
405 Tietojen PAIKANTAMINEN selkeästi jäsennetystä TEKSTISTÄ .	○			○	
397 Yksinkertaisen PYLVÄSKAAVION PÄÄAJATUKSEN esittäminen otsikon perusteella.		○			○
392 Sananmukaisen tiedon PAIKANTAMINEN selkeärakenteisesta TEKSTISTÄ .	○			○	
367 Suoraan ilmaistun tiedon PAIKANTAMINEN KERTOMUKSEN tietyistä lyhyistä tekstikohdasta.	○			○	
363 Suoraan ilmaistun tiedon PAIKANTAMINEN (väli)otsikoidusta tekstistä.	○			○	
356 TEEMANTUNNISTAMINEN artikkelista, jossa on selkeä välitsikointi ja runsas teeman toistuvuus.		○		○	



Tätä lukutehtävien monimutkaistumisen ja vaikeutumisen jatkumoa jäsentämään laadittiin PISA 2000 -tutkimuksessa viisiportainen asteikko:

Taso	Pisteet PISA-asteikolla
1	335 – 407
2	408 – 480
3	481 – 552
4	553 – 625
5	Yli 625

Asiantuntijapaneelissa arvioitiin, että tehtävät kullakin *lukemisen osaamisen* tasolla sisältävät yhteisiä piirteitä, ja ne eroavat systemaattisesti ylemmän tai alemman tason tehtävistä. Vaikuttaakin siltä, että tasot ovat hyvä keino tutkia lukemisen osaamisen karttumista kunkin arviointiasteikon sisällä. Tästä on tiivistetty esitys kaaviossa 2.9. Vastaavanlainen menetelmä otettiin käyttöön PISA 2003 -tutkimuksessa matematiikan osaamisessa ja vuonna 2006 sitä käytettiin myös luonnontieteen osaamisessa.

Lukemisen osaamistasojen tulkinta

Samalla kun eri tasot kuvaavat erilaisia tehtäviä ja niihin liittyviä tietoja ja taitoja, ne kuvaavat myös oppilaiden osaamista. Ryhmä lukemisen asiantuntijoita laati tasot siten, että kunkin tason tehtävillä on yhteisiä piirteitä. Tasoilla on myös yhteisiä tilastollisia ominaisuuksia. Kunkin tason keskiavertopiskelijan odotetaan osaavan tuon tason keskiavertotehtävän 62 %:n todennäköisyydellä. Lisäksi kunkin tason hajonta määräytyy osittain sen oletuksen mukaan, että suorituksiltaan jonkin tason alapäähän sijoittuva oppilas ratkaisee 50 %:n todennäköisyydellä minkä tahansa kyseisen tason tehtävän.

Koska kukin lukemisen osaamisen asteikko kuvaa tietojen ja taitojen karttumista, tietyllä tasolla olevat oppilaat eivät pelkästään osoita tämän tason tietoja ja taitoja, vaan myös alempien tasojen osaamista. Täten oppilas, jonka lukemisen osaamisen arvioidaan olevan asteikon tasolla 3, ei osaa vain sen, vaan myös tasojen 1 ja 2 tehtäviä. Samoin tasoilla 1 ja 2 olevien oppilaiden odotetaan vastaavan 3. tason keskiavertotehtävään oikein alle 50 %:n todennäköisyydellä. Heidän siis odotetaan saavan alle 50 % oikein tason 3 tehtävistä.

Kaaviosta 2.10 (s. 62) nähdään, millä todennäköisyydellä lukemisen osaamisasteikon eri kohdille sijoittuvat henkilöt vastaavat oikein eri tehtäviin. Kaaviosta näkyy selvästi, että oppilas, jonka pistemäärä on 298 ja jonka arvioidaan olevan taidoiltaan tason 1 alapuolella, vastaa vain 43 %:n todennäköisyydellä oikein sellaiseen tason 1 tehtävään, joka on lukemisen osaamisen asteikon kohdassa 367. Tällä henkilöllä on vain 14 %:n mahdollisuus vastata oikein tason 3 tehtävään, eikä juuri lainkaan mahdollisuuksia oikeaan vastaukseen tason 5 tehtävässä. Jos oppilaan taitotaso on 371 eli tason 1 puolivälissä, vastaa hän 63 %:n todennäköisyydellä oikein kohdan 367 tehtävään, mutta kohdassa 508 hänellä on vain hiukan parempi mahdollisuus kuin yksi neljästä vastata oikein, ja vain 7 %:n mahdollisuus oikeaan vastaukseen tasolta 5 valittuun tehtävään. Sitä vastoin tasolla 3 olevan henkilön odotetaan vastaavan oikein 89 %:n todennäköisyydellä kohdan 367 tehtäviin, ja 64 %:n todennäköisyydellä kohdan 508 tehtäviin, jotka ovat tason 3 puolivälissä. Hänellä olisi kuitenkin vain yksi mahdollisuus neljästä vastata oikein tason 5 puolivälin tehtäviin. Viimeisenä esimerkkinä tasolla

Kaavio 2.9 ■ Lukemisen osaamisen tasokartta: lukemisen osaamisen tasot, lukemisen kolme vaihetta ja tekstimuodot

	Tiedon etsiminen	Tekstien tulkinta	Sisällön ja muodon arviointi
Taso 5	Paikantaa ja tarvittaessa järjestää tai yhdistää useita tekstiin sisältyviä tietoja, joista osa voi olla muualla kuin varsinaisessa leipätekstissä. Erottaa tehtävän kannalta olennaisen tiedon. Osaa arvioida tekstin uskottavuutta ja käsitellä ristiriitaisia tietoja.	Selittää kielen vivahteiden merkitystä tai osoittaa kattavaa ja yksityiskohtaista tekstiin ymmärtämistä.	Arvioi kriittisesti tai muodostaa hypoteesin erikoistiedon avulla. Käyttää käsitteitä, jotka ovat odotusten vastaisia ja perustuvat pitkien tai monimutkaisten tekstien syvälliseen tuntemukseen.
	<p>Jatkuvat tekstit: Suoriutuu teksteistä, joiden rakenne ei ole selvä tai selkeästi merkitty, voidakseen havaita tiettyjen tekstinosien yhteyden teemaan tai pyrkimykseen, joka tekstiin sisältyy.</p> <p>Jatkumattomat tekstit: Tunnistaa pitkien ja yksityiskohtaisten tekstien rakenteen, vaikka niissä välillä viitattaisiin tekstien ulkopuolelle. Lukija huomaa itsenäisesti, että ymmärtääkseen tekstin täysin on otettava huomioon dokumentin erilliset osat, kuten alaviitteet.</p>		
Taso 4	Paikantaa ja tarvittaessa järjestelee tai yhdistää useita tekstiin sisältyviä tietoja, joiden on ehkä täytettävä tietyt tunnusmerkit, kun tekstin käyttöympäristö tai muoto on vieras. Erottaa tehtävän kannalta olennaisen tiedon.	Käyttää tekstiin pohjautuvaa päättelyä ymmärtääkseen ja soveltaakseen luokituksia vieraassa käyttöympäristössä sekä tulkitakseen tekstin osan merkitystä tekstikokonaisuudessa. Osaa käsitellä moniselitteisyyksiä sekä odotusten vastaisia ja negaationa ilmaistuja ajatuksia.	Käyttää muodollista tuntemusta tai yleistietoa muodostaakseen oletuksia teksteistä tai arvioidakseen sitä kriittisesti. Osoittaa ymmärtävänsä tarkkaan pitkiä tai monimutkaisia tekstejä.
	<p>Jatkuvat tekstit: Seuraa useiden kappaleiden pituista kielellistä tai temaattista kehitystä, jota ei aina ole selkeästi jäsennelty, paikantaakseen, tulkitakseen tai arvioidakseen tekstiin sisältyvää tietoa tai päätelläkseen psykologista tai metafysisistä merkitystä.</p> <p>Jatkumattomat tekstit: Kykenee silmäilemään pitkä, yksityiskohtaista tekstiä, josta voivat puuttua taitolliset apukeinot, löytääkseen olennaista tietoa vertailtavaksi tai yhdisteltäväksi.</p>		
Taso 3	Paikantaa ja joissain tapauksissa tunnistaa eri tietojen välisiä yhteyksiä, kun tietojen on ehkä täytettävä tietyt tunnusmerkit. Osaa käsitellä tavallista ristiriitaisempaa tietoa.	Yhdistelee useita tekstin osia tunnistaaakseen pääajatuksen, ymmärtääkseen osien välisiä suhteita tai päätelläkseen tietyn sanan tai ilmaisun merkityksen. Vertaa, asettelee vastakain tai luokittelee eri perusteilla. Käsittelee ristiriitaisia tietoja.	Yhdistelee tai vertailee, selittää tai arvioi tekstin jotain piirrettä. Osoittaa yksityiskohtaista tekstin ymmärtämistä, kun kyseessä on tuttu, arkipäiväinen tieto, ja osaa hyödyntää harvinaisempaa tietoa.
	<p>Jatkuvat tekstit: Hyödyntää tavanomaisia tekstin jäsentelykeinoja, silloin kun niitä on tekstissä käytetty, ja seuraa lauseisiin tai kappaleisiin sisältyviä tai selvästi esitettyjä loogisia kehityksiä, kuten syy- ja seuraussuhteita, löytääkseen, tulkitakseen tai arvioidakseen tietoa.</p> <p>Jatkumattomat tekstit: Pohtii tekstejä toisen, erillisen, mahdollisesti eri muodossa olevan asiakirjan tai esityksen avulla, tai yhdistelee paikkaa koskevaa, kirjallista ja numerotietoa kaaviosta tai kartasta tehdäkseen päätelmiä esitetystä tiedosta.</p>		
Taso 2	Paikantaa tiedon tai tietoja, joiden on ehkä täytettävä tietyt tunnusmerkit. Käsittelee ristiriitaisia tietoja.	Tunnistaa tekstin pääajatuksen, ymmärtää suhteita, laatii tai soveltaa yksinkertaisia luokituksia tai päättelee merkityksen tietyssä tekstin osassa, kun tieto ei ole silmiinpistävä ja edellytetään tasoltaan helpohkoa päättelyä.	Vertailee tai yhdistelee tekstiä ja sen ulkopuolista tietoa tai selittää tiettyä tekstin piirrettä omien tietojensa ja näkemystensä perusteella.
	<p>Jatkuvat tekstit: Seuraa tekstikappaleen loogisia ja kielellisiä yhteyksiä paikantaakseen tai tulkitakseen tietoa, tai yhdistelee tekstissä tai sen tietyissä osissa esiintyvää tietoa päätelläkseen kirjoittajan päämäärän.</p> <p>Jatkumattomat tekstit: Osoittaa ymmärtävänsä kuvallisen esityksen, kuten yksinkertaisen kaavion tai taulukon, rakenteen, tai yhdistää kaksi eri tietoa kaaviosta tai taulukosta.</p>		
Taso 1	Paikantaa yhden tai useamman selkeästi esitetyn tiedon, jonka on täytettävä yleensä yksi tunnusmerkki, kun tekstissä on vähän tai ei lainkaan ristiriitaisia tietoja.	Tunnistaa pääteeman tai kirjoittajan päämäärän tuttua aihetta käsittelevästä tekstistä, kun tarvittava tieto on tekstissä selkeästi esillä.	Yhdistelee yksinkertaista tekstin sisältämää tietoa arkiseen yleistietoon.
	<p>Jatkuvat tekstit: Hyödyntää tekstissä usein esiintyviä tietoja, kappaleiden otsikoita tai perinteisiä taitoteknisiä ratkaisuja muodostaakseen käsityksen tekstin pääajuksesta, tai paikantaa tietoa, joka on esitetty selkeästi lyhyessä tekstin osassa.</p> <p>Jatkumattomat tekstit: Keskittyy irrallisiin tietoihin, yleensä yhdessä tekstissä, kuten yksinkertaisessa kartassa, käyrä- tai pylväskaaviossa, jossa tieto esitetään mutkattomasti ja tekstin määrä rajoittuu muutamaan sanaan tai lauseeseen.</p>		



5 olevan oppilaan odotetaan vastaavan oikein lähes aina miltei kaikkiin tehtäviin. Kuten kaaviossa 2.10 osoitetaan, oppilas, jonka pisteet ovat 662, vastaa 98 %:n todennäköisyydellä oikein kohdan 367 tehtäviin, 90 %:n todennäköisyydellä oikein tason 3 tehtäviin ja 65 %:n todennäköisyydellä oikein tason 5 puolivälissä oleviin tehtäviin.

Kaavio 2.10 tuo myös esiin kysymykset ylimmästä ja alimmasta tasosta. Vaikka lukemisen osaamisen asteikon ylärajaa ei ole määritetty, voidaan melko varmasti todeta, että erittäin taitavat oppilaat pystyvät suoriutumaan ylimmän osaamistason tehtävistä. Enemmän pohdintaa aiheuttavat lukemisen osaamisasteikon pohjalle sijoittuvat oppilaat. Taso 1 alkaa kohdasta 335, mutta arvion mukaan kaikissa maissa tietty prosenttiosuus oppilaista jää taidoiltaan tämän pisteen alapuolelle. Vaikka lukemisen osaamista arvioivia tehtäviä ei ole alle 335 asteikkopisteen, ei voida kuitenkaan sanoa, että nämä oppilaat olisivat täysin lukutaidottomia. Kun otetaan huomioon heidän suoriutumisensa tässä arvioinnissa käytetyissä tehtävissä, heidän odotetaan osaavan ratkaista alle 50 %:n todennäköisyydellä tason 1 tehtäviä. Heidän taitojensa luokitellaan täten olevan tason 1 alapuolella.

Koska on harvinaista, että osallistujamaiden nuoriso olisi täysin lukutaidotonta, tavoitteena ei ole tutkia, osaavatko 15-vuotiaat lukea sanan teknisessä mielessä. PISA-tutkimuksessa ei siis mitata sitä, kuinka sujuvasti 15-vuotiaat lukevat tai miten he suoriutuvat sanantunnistus- tai oikeinkirjoitustehtävistä. PISA kuvastaa nykyaikaista käsitystä, jonka mukaan oppilaiden pitäisi oppivelvollisuuden suoritettuaan pystyä erittelemään ja pohtimaan lukemansa merkitystä, oli kyseessä mikä tahansa jatkuva tai jatkumaton teksti erilaisissa arkitilanteissa niin koulussa kuin muuallakin. Vaikka tässä ei voitu selvittää, mitä lukemisen osaamiseen liittyviä tietoja ja taitoja tason 1 alapuolelle jäävillä oppilailla on, vaikuttaa siltä, että nämä oppilaat eivät todennäköisesti pysty käyttämään lukutaitoa itsenäisesti välineenä, joka auttaisi heitä hankkimaan muita tietoja ja taitoja.

Kaavio 2.10 ■ Eri taitotasoa edustavien oppilaiden oikeiden vastausten todennäköisyys eritasoisissa tehtävissä

Oppilaan taitotaso ja suoritettut pisteet	Valitut eritasoiset tehtävät			
	Taso 1 tehtävä 367 pistettä	Taso 3 tehtävä 508 pistettä	Taso 4 tehtävä 567 pistettä	Taso 5 tehtävä 652 pistettä
Tason 1 alapuolella (298 pistettä)	43	14	8	3
Taso 1 (371 pistettä)	63	27	16	7
Taso 2 (444 pistettä)	79	45	30	14
Taso 3 (517 pistettä)	89	64	48	27
Taso 4 (589 pistettä)	95	80	68	45
Taso 5 (662 pistettä)	98	90	82	65



LUKEMISEN ESIMERKKITEHTÄVÄT

Lukemisen esimerkkitehtävä 1: LENKKARIT

Hyvä olo lenkkareissa

Lyönin urheilulääketieteen keskuksessa Ranskassa on 14 vuoden ajan tutkittu nuorten pelaajien ja ammattiurheilijoiden vammoja. Tutkimuksessa on todettu, että paras apu on ennaltaehkäisy ... ja hyvät jalkineet.



Kolhuja, kaatumisia, kuluttavaa rasitusta...

Kahdeksallatoista prosentilla 8–12-vuotiaista pelaajista on jo kantapäävammoja. Jalkapalloilijan nilkan rusto on arka tärähdyksille, ja 25 % ammattilaisista onkin itse joutunut havaitsemaan sen erityisen heikoksi kohdaksi. Herkän polvinivelen rusto voi myös vaurioitua parantumattomasti, ja jolle sitä suojata jo lapsuudessa (10–12 vuoden iässä), voi aiheutua ennen-aikainen nivelrikko. Lonkkakaan ei säästy vaurioitumiselta, ja etenkin väsyneinä pelaajat ovat vaarassa saada luunmurtumia kaatuessaan tai törmätessään toisiinsa. Tutkimuksen mukaan jalkapalloilijoilla, jotka ovat pelanneet yli kymmenen vuotta, on luukyhmyjä joko sääri- tai kantapäässä. Tämä tunnetaan ”jalkapalloilijan jalkana”

eli epämuodostumana, jonka syynä ovat jalkineet, joiden pohjat ja nilkkaosat ovat liian joustavat.

Suojaa, tukea, pitoa, vaimennusta

Jos jalkine on liian jäykkä, se rajoittaa liikkumista. Jos se taas joustaa liikaa, kasvaa vammautumisten ja nyrjähdysten vaara. Hyvän urheilujalkineen tulisi täyttää neljä kriteeriä:

Ensiksikin sen pitää antaa ulkoista suojaa: suojata pallon ja toisen pelaajan osumilta, kestää maanpinnan epätasaisuudet sekä pitää jalka lämpöisenä ja kuivana myös silloin, kun on jäätävän kylmä ja sataa. Sen täytyy tukea jalkaa ja erityisesti nilkkaniveltä, jotta vältettäisiin nyrjähdykset, turvotukset ja muut ongelmat, jotka saattavat vaikuttaa myös polveen. Sen täytyy myös

antaa pelaajille hyvä pito, jotta he eivät liukastele märällä kentällä tai luisu liian kuivalla pinnalla.

Lopuksi sen täytyy vielä vaimentaa tärähdyksiä, joille etenkin alituisen hyppivät lentopallon ja koripallon pelaajat altistuvat.

Jalat kuivana

Vähäisten mutta kivuliaiden vaivojen, kuten rakkojen tai jopa haavaumien tai ”urheilijan jalan” (sienitulehdusten) välttämiseksi jalkineen täytyy sallia hien haihtuminen ja estää ulkopuolista kosteutta pääsemästä sisään. Ihannemateriaali tähän on nahka, joka voidaan käsitellä vedenkestäväksi, jottei jalkine kastu läpimäräksi heti ensimmäisessä sateessa.

Lähde:
Revue ID (16) 1–15.6.1997.

LENKKARIT on esittelyteksti erästä opiskelijoille tarkoitettusta ranskalais-belgialaisesta aikakauslehdessä. Tekstin käyttötilanne luokitellaan koulutukselliseksi. Eräs syy valita tämä teksti lukutehtäväksi on sen aihepiiri, jonka ajateltiin kiinnostavan 15-vuotiaita PISA-tutkittavia. Artikkelin kuvitus on mielenkiintoisen sarjakuvamainen, ja teksti on jaettu houkutteleviin alaotsikoihin. Jatkuvien tekstien luokassa se on esimerkki esittelytekstistä, joka luo mielikuvan, millaisia perusteita on otettava huomioon valittaessa sopivia jalkineita nuorelle urheilijalle.

Tähän taustamateriaaliin perustuvat neljä tehtävää kattavat kaikki lukemisprosessin vaiheet: tiedon etsimisen, tekstien tulkinnan sekä sisällön ja muodon arvioinnin – mutta ne ovat suhteellisen helppoja tason 1 tehtäviä. Seuraavassa on niistä esimerkki.



Tehtävä 1: LENKKARIT

Miksi urheilujalkineet eivät artikkelin mukaan saisi olla liian jäykät?

1 piste (392).

Vastaukset, joissa viitataan liikkumisen rajoittumiseen.

Tämä on selkeästi tiedonetsimistehtävä. Lukijan on otettava huomioon vain yksi peruste paikantaakseen selkeästi esillä olevan tiedon.

Yksi tehtävän vaikeusasteeseen vaikuttava tekijä on se, kuinka tarkasti kysymyksen sanamuoto vastaa tekstin sanamuotoa. Tässä esimerkissä sana ”jäykkä” esiintyy sekä itse kysymyksessä että olennaisessa tekstikohdassa, joten lukija voi helposti yhdistää ne.

Toinen tehtävän vaikeusasteeseen vaikuttava tekijä on tiedon paikka ja sen korostuneisuus tekstissä. Esimerkiksi tekstin alusta tieto on helpointa löytää. Vaikka tässä tehtävässä kysytty tieto löytyy tekstin keskivaiheilta, sen paikka on melko korostunut, koska se sijaitsee kolmesta alaotsikoidusta kappaleesta yhden alkupuolella.

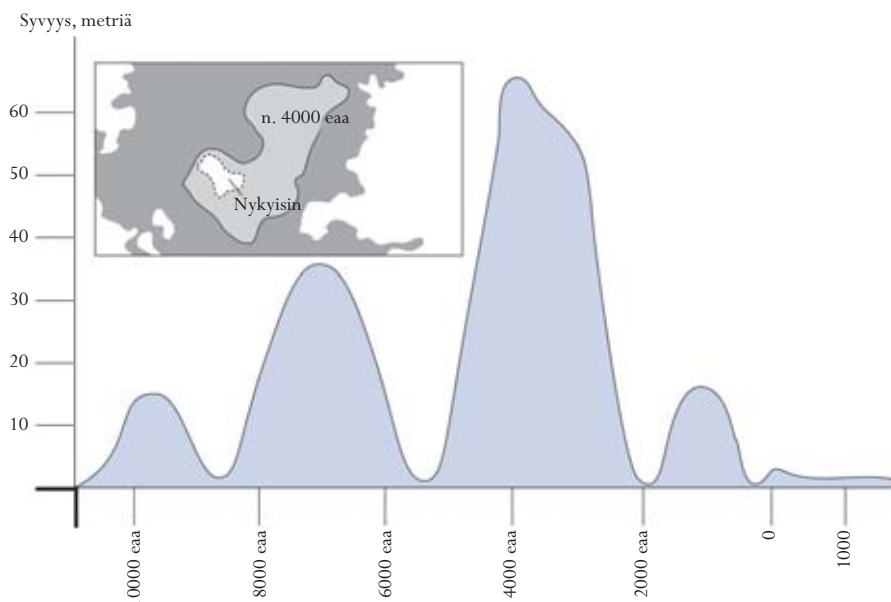
Vielä eräs syy tämän tehtävän suhteelliseen helppouteen on se, että täydet pisteet voi saada lainaamalla tekstistä suoraan kohdan ”se rajoittaa liikkumista”. Monet oppilaat käyttivät omia ilmaisujaan, kuten ”Ne haittaavat juoksemista” tai ”Jotta voisi liikkua”.

Tavallinen virhe oli vastata esimerkiksi ”Koska jalat tarvitsevat tukea” – mikä on vaaditun vastauksen vastakohta, vaikka tämäkin ajatus sisältyy tekstiin. Näin vastanneet oppilaat eivät ole huomanneet kysymyksen sisältämää kieltoa ”...eivät liian jäykät”, eivätkä he ole ajatelleet ”jäykkyyden” ja ”tuen” välistä eroa, jolloin he ovat eksyneet tekstissä epäolennaisiin kohtiin. Muita tällaisia lukijaa hämääviä tietoja ei tekstissä juuri ole.

Lukemisen esimerkkitehtävä 2: TŠADJÄRVI

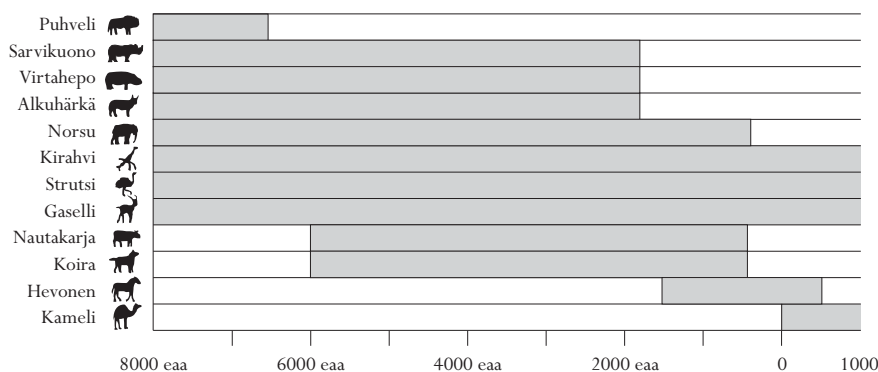
Kuva 1 kertoo Saharassa Pohjois-Afrikassa sijaitsevan Tšadjärven pinnan korkeusvaihteluista. Tšadjärvi katosi kokonaan noin 20 000 eaa, edellisen jääkauden aikana. Noin 11 000 eaa se syntyi uudelleen. Nykyään sen pinta on suunnilleen samalla tasolla kuin se oli vuonna 1000.

Kuva 1 ■ Tšadjärvi: pinnan korkeusvaihtelut



Kuva 2 esittää saharalaisia kalliopiiroksia (luolien seinistä löydettyjä ikivanhoja piirroksia tai maalauksia) ja eläimistön vaihtelua.

Kuva 2 ■ Saharalaisia kalliopiiroksia ja eläimistön vaihtelu



Lähde: © Bartholomew Ltd. 1988. Teoksesta **The Times Atlas of Archaeology** julkaistu Harper Collins -kustantamon luvalla.



TŠADJÄRVI-tehtäväkokonaisuuden tausta-aineistona on kaksi kuvaa arkeologisesta kartastosta. Kuva 1 on käyräkaavio ja kuva 2 horisontaalinen histogrammi. Kolmas jatkumaton tekstimuoto on pientä järveä kuvaava kartta kuvassa 1. Vaikka tausta-aineistoon sisältyykin kaksi hyvin lyhyttä jatkuvaa tekstikatkelmää, tehtävät liittyvät enimmäkseen aineiston jatkumattomiin osiin. Täten tehtävien katsotaan edustavan jatkumatonta tekstimuotoa.

Esittämällä useita tietoja rinnakkain kirjoittaja haluaa lukijan päättävän, miten Tšadjärven korkeusvaihtelut ja tiettyjen villieläinlajien esiintymisaikakaudet alueella liittyvät toisiinsa.

Tällaiseen tekstityyppiin opiskelijat saattavat usein törmätä koulutuksellisissa käyttötilanteissa. Koska kartasto on kuitenkin yleinen julkaisu ketä tahansa lukijaa varten, tekstin käyttötilanne luokitellaan PISA:n viitekehyksessä julkiseksi (ks. kaavio 2.5). Tähän tausta-aineistoon liittyvät viisi tehtävää kattavat kaikki kolme lukemisprosessin vaihetta, tiedon etsimisen, tekstien tulkinnan sekä sisällön ja muodon arvioinnin. Seuraavassa esitellään tekstin tulkintaa arvioiva tehtävä.

Tehtävä 1: TŠADJÄRVI

Tässä tehtävässä sinun tarvitsee yhdistää tietoja kuvista 1 ja 2.

Sarvikuono, virtahepo ja alkuhärkä katosivat Saharan kalliopiiirroksista

- A. edellisen jääkauden alussa.
- B. keskellä ajanjaksoa, jolloin Tšadjärven pinta oli korkeimmillaan.
- C. sen jälkeen, kun Tšadjärven pinta oli laskenut yli tuhannen vuoden ajan.
- D. yhtäjaksoisen kuivan ajanjakson alussa.

1 piste (508)

Oikea vastaus on vaihtoehto C.

Tässä tulkintatehtävässä opiskelijoiden on yhdisteltävä erilaisia jatkumattomien tekstien osia. Heidän on verrattava kahden kuvallisen esityksen tietoja.

Tehtävässä edellytetty kahden tietolähteen yhdistäminen korottaa tehtävän vaikeustasoa. Tehtävää vaikeuttaa myös se, että siinä on käytetty kahta erilaista kuvaajaa (käyrää ja histogrammia). Lukijan on osattava tulkita molempien rakennetta voidakseen liittää tiedot toisiinsa.

Väärin vastanneista oppilaista suurin osa valitsi vaihtoehdon D, ”yhtäjaksoisen kuivan ajanjakson alussa”. Jos opiskelija ei hyödynnä itse tekstiä, tämä vaihtoehto vaikuttaakin kaikkein todennäköisimmältä. Vastauksen yleisyys osoittaa, että tämän vaihtoehdon valinneet oppilaat ovat hyödyntäneet ennemminkin yleistietämystään asiasta kuin itse tekstissä olevaa tietoa.



Lukemisen esimerkkitehtävä 3: GRAFFITI

Kiehun kiukusta, kun koulun seinää puhdistetaan ja maalataan jo neljättä kertaa, jotta graffiteista päästäisiin eroon. Luovuus on ihailtavaa, mutta itseään voisi toteuttaa myös tavoilla, jotka eivät aiheuta yhteiskunnalle ylimääräisiä kustannuksia.

Miksi pilaatte nuorison maineen maalaamalla graffiteja kiellettyihin paikkoihin? Ammattitaiteilijatkaan eivät ripusta taulujaan katujen varsille, vai mitä? Sen sijaan he etsivät rahoitusta ja hankkivat mainetta luvallisilla näyttelyillä.

Mielestäni rakennukset, aidat ja puistonpenkit ovat taideluomuksia sinällään. On todella sääli, että pilata arkkitehtuuria graffiteilla, ja kaiken lisäksi maalausmenetelmä tuhoaa otsonikerrosta. En todellakaan ymmärrä, miten nämä kriminaalitaiteilijat jaksavat vaivautua, sillä heidän "taideteoksensa" vain poistetaan näkyvistä kerta toisensa jälkeen.

Helga

Makuasioista ei kannata kiistellä. Yhteiskunta on täynnä viestintää ja mainostamista. Yritysten logoja, kauppojen nimiä. Suuria tyrkyttäviä julisteita katujen varsilla. Ovatko ne hyväksyttäviä? Yleensä kyllä. Ovatko graffitit hyväksyttäviä? Jonkun mielestä ovat, toisen mielestä eivät.

Kuka maksaa graffitit? Kuka lopulta maksaa mainokset? Oikein. Kuluttaja.

Ovatko mainostaulujen pystyttäjät kysyneet sinulta siihen lupaa? Eivät. Pitäisikö graffiti-maalarien sitten kysyä? Eikö kyse ole vain viestinnästä – omasta nimestä, jengien nimistä ja suurista kadunvarsiteoksista?

Ajatellaanpa ruutu- ja raitakuviovaatteita, jotka ilmestyivät kauppoihin muutama vuosi sitten. Tai hiihtoasuja. Niiden kuvat ja väritykset on apinoitu suoraan kukkivista betoniseinistä. On varsin huvittavaa, että nämä kuvioinnit ja väritykset hyväksytään ja niitä jopa ihailaan, mutta graffiteissa samaa tyyliä kauhistellaan.

Taiteella on kovat ajat.

Sofia

Lähde: Mari Hankala.

Tämän tehtäväkokonaisuuden alun perin suomalainen tausta-aineisto koostuu kahdesta internetissä julkaistusta kirjeestä. Niihin liittyvät neljä tehtävää edustavat tyypillistä lukemisen osaamista – eri tietolähteistä saatujen ideoiden tarkastelua rinnakkain, vertailua ja vastakkainasettelua.

Koska GRAFFITI-kirjeet on julkaistu internetissä, niiden käyttötilanne on julkinen. Jatkuvien tekstien luokassa ne edustavat todistelevaa tekstiä, koska niissä ilmaistaan mielipiteitä ja pyritään suostuttelemaan lukija tietylle näkökannalle.

Kuten LENKKARIT-tehtäväkokonaisuuden, myös GRAFFITI-kirjeiden oletetaan kiinnostavan 15-vuotiaita oppilaita. Kirjoittajien välinen väittely siitä, ovatko graffitien tekijät taiteilijoita vai tihutyöntekijöitä, saattaa olla ajankohtainen pohdinnan aihe tutkittavien keskuudessa.

Seuraavassa esitellään tekstin sisällön ja muodon arviointia kuvaava tehtävä.

Tehtävä 1: GRAFFITI

Voidaan puhua siitä, *mitä* kirjeessä sanotaan (sen sisältö).

Voidaan myös puhua *tavasta*, jolla kirje on kirjoitettu (sen tyyli).

Riippumatta siitä, kumman kirjoittajan kannalla olet, kumpi teksti on mielestäsi kirjoituksena parempi? Perustele vastauksesi *tavalla*, jolla jompikumpi teksteistä tai ne molemmat on kirjoitettu.

1 piste (581)

Vastaukset, joissa mielipidettä perustellaan jommankumman kirjeen tai molempien tyyliillä tai muodolla. Vastaajien tulee vedota esimerkiksi kirjoitustyyliin, todistelun rakenteeseen tai painokkuuteen, sävyyn tai lukijoiden vakuuttamisstrategiaan. Ilmaisuihin, kuten "parempi perustelu", vaaditaan tarkempaa selitystä.



Vertaillaessa tehtävän kahta kirjettä oppilaat tarvitsevat tekstin muotoa koskevaa tietämystään, jotta voisivat arvioida kirjoittajien taitoja. Lukemisprosessin vaiheiden viisijaottelussa tämä tehtävä kuuluu ryhmään ”tekstin muodon arviointi”, koska vastatessaan lukija tukeutuu käsitykseensä siitä, millaista on hyvä kirjoittaminen.

Täydet pisteet annettiin monenlaisista vastauksista. Niissä eriteltiin esimerkiksi kirjoittajien sävyä, perusteluaineita tai tekstin rakennetta. Tyypillisiä täysien pisteiden vastauksia olivat: ”Helgan kirje oli vaikuttavampi, koska hän osoitti sen suoraan graffitien tekijöille” tai ”Minusta toinen kirje oli parempi, koska se tempasi lukijan mukaan keskusteluun eikä jättänyt kuuntelemaan luentoa”.

Pisteittä jääneet vastaukset olivat epämääräisiä. Niissä ilmaistiin perustelemattomia yleisiä väitteitä viittaamatta itse tekstiin, tai arvioitiin tekstien sisältämiä mielipiteitä eikä tyyliä (esimerkiksi ”Sofia, koska graffiti on taidemuoto”).

TIIVISTELMÄ

PISA-tutkimuksessa käsite lukemisen osaaminen kattaa muutakin kuin vain oppilaan kyvyn lukea ja tajuta kirjallista tietoa. PISA:ssa lukemisen osaamista on myös kirjallisten tekstien ymmärtäminen, käyttö ja pohdiskelu. Lukemisen osaaminen on tärkeää, jotta ihminen voi saavuttaa tavoitteitaan ja osallistua aktiivisena kansalaisena yhteiskunnan toimintaan.

Tutkimuksessa otetaan huomioon, että oppilaat lukevat monenlaisia tekstejä. Siksi PISA:ssa luokitellaan tekstit jatkuviin teksteihin, kuten artikkeleihin, sanoma- ja aikakauslehtiin ja kauno-kirjallisuuteen, sekä jatkumattomiin teksteihin, joita ovat taulukot, kartat, kuvat ja kaaviot. Erilais-ten tekstien lisäksi tutkimuksessa käytetään erilaisia tehtävätyyppejä, kuten yksiosaisia ja koostettuja monivalintatehtäviä sekä suppeita ja laajoja avoimia tehtäviä.

PISA:ssa lukemisen osaaminen raportoidaan kolmella ala-asteikolla, jotka ovat tiedon etsiminen, tekstien tulkinta sekä sisällön ja muodon arviointi. Vuoden 2000 PISA-arvioinnin pohjalta on kehitetty viisi taitotasoa. Taidoiltaan ylimmän tason oppilaat pystyvät suoriutumaan vaativista tehtävistä, esimerkiksi paikantamaan monimutkaisen tiedon aiheeltaan vieraasta, ristiriitaista tietoa sisältävästä tekstistä. Alimmalla suoritustasolla olevat oppilaat taas pystyvät löytämään vain tietoa, joka on selkeästi havaittavissa ja jonka rinnalla on vähemmän kilpailevaa tietoa. Ylimmän tason oppilaiden oletetaan kykenevän arvioimaan tietyn tekstin kirjoittajan tavoitteita, kun taas alemmilla taitotasoilla heidän oletetaan kykenevän yhdistämään tekstin sisältämä tieto arkielämään.

Lukemisen osaaminen oli pääaihepiirinä ensimmäisessä PISA-tutkimuksessa vuonna 2000. Se on pääaihepiiri jälleen vuonna 2009, jolloin lukemisen arvioinnin viitekehys tarkistetaan, jotta se kattaa tällä aikavälillä tapahtuneen kehityksen.

Matemaattinen osaaminen



AIHEPIIRIN MÄÄRITELMÄ

PISA:n *matemaattisen osaamisen* aihepiirissä selvitetään oppilaiden kykyä eritellä, päätellä ja viestiä ajatuksia tehokkaasti heidän asettaessaan, muotoillessaan, ratkoessaan ja tulkitessaan matemaattisia ongelmia erilaisissa tilanteissa. PISA:ssa keskitytään tosielämässä esiintyviin ongelmiin eikä siinä tyydytä koulutunneilla tyypillisesti käsiteltäviin tilanteisiin ja tehtäviin. Todellisen elämän käyttötilanteissa – esimerkiksi ostoksilla käytäessä, matkailtaessa, ruokaa laitettaessa, raha-asioita hoidettaessa, poliittisia kysymyksiä pohdittaessa – määrään tai tilaan liittyvä päättely ja muut matemaattiset taidot auttavat selkeyttämään, muotoilemaan ja ratkaisemaan ongelmia. Tällainen tapa käyttää matematiikkaa perustuu taitoihin, joita opitaan ja harjoitellaan yleensä koulukirjoissa ja oppitunneilla esiintyvillä tehtävillä. Toisaalta kuitenkin edellytetään, että opittuja taitoja osattaisiin soveltaa vähemmän jäsentyneissä ympäristöissä, joissa ei ole yhtä selviä ohjeita ja joissa oppilaan on pääteltävä, mikä tieto on olennaista ja miten sitä kannattaisi soveltaa.

PISA-tutkimuksen *matemaattisen osaamisen* aihepiirissä tarkastellaan sitä, missä määrin 15-vuotiaita oppilaita voidaan pitää valistuneina, ajattelevina kansalaisina ja järkevinä kuluttajina. Kaikkialla maailmassa ihmisiä kohtaa alati paisuva asioiden tulva, johon liittyy määrää, tilaa tai todennäköisyyttä koskevia tai muita matemaattisia käsitteitä. Esimerkiksi tiedotusvälineet (sanoma- ja aikakauslehdet, televisio ja internet) ovat täynnä taulukko-, kuvio- ja kaaviotietoa vaikkapa säästä, taloudesta, lääketieteestä ja urheilusta. Ihmisiä pommitetaan jatkuvasti asiatiedolla ilmaston lämpenemisestä ja kasvihuoneilmiöstä, väestönkasvusta, öljyvahinkojen vaikutuksesta valtameriin ja maaseudun kuihtumisesta. Kaiken lisäksi ihmisten on luettava lomakkeita, ymmärrettävä bussi- ja juna-aikatauluja, osattava hoitaa raha-asiansa, kyettävä vertailemaan hintoja jne. PISA-tutkimuksen *matemaattisen osaamisen* aihepiirissä keskitytään siihen, miten 15-vuotiaat oppilaat, joista monet ovat päättämässä pakollisia matematiikan opintojaan, kykenevät käyttämään matemaattista tietoaan ja ymmärrystään kohdatessaan nykyelämän vaatimuksia.

PISA-ohjelmassa matemaattinen osaaminen määritellään seuraavasti:

Matemaattinen osaaminen on yksilön kykyä nähdä ja ymmärtää matematiikan merkitys ympäröivässä maailmassa, tehdä perusteltuja matemaattisia päätelmiä sekä käyttää ja soveltaa matematiikkaa tarpeidensa mukaan elämässään osallistuvana, vastuullisena ja ajattelevana kansalaisena.

Seuraavassa määritelmää vielä täsmennetään:

- Termillä ”matemaattinen osaaminen” halutaan korostaa matemaattisen tiedon käytännöllistä soveltamista monissa eri tilanteissa vaihtelevin ja oivaltavin tavoin. Ollakseen mahdollista tähän tarvitaan tietysti monenlaisia matematiikan perustietoja ja -taitoja. Kieleen liittyvä lukutaidon käsite edellyttää laajaa sanavarastoa ja syvällistä tietoa kielioppisäännöistä, fonetiikasta, oikeinkirjoituksesta jne. Lukemisen osaamista ei kuitenkaan voida täysin pelkistää näihin asioihin. Viestiessään ihmiset yhdistävät näitä tietoja ja taitoja luovasti aina sen mukaan, millaisia tilanteita he todellisessa elämässä kohtaavat. Samalla tavoin matemaattinen ”lukutaito” edellyttää tietoa matematiikan perusteista, termeistä ja menettelytavoista sekä taitoa käyttää niitä. *Matemaattista osaamista* ei kuitenkaan voida pelkistää näihin asioihin. *Matemaattinen osaaminen* sisältää lisäksi sen, että näitä aineksia yhdistetään ja sovelletaan oivaltavasti ja luovasti ulkoisten tilanteiden vaatimusten mukaisesti.

- Käsitteellä ”maailma” tarkoitetaan sekä luontoa että sitä sosiaalista ja kulttuurista ympäristöä, jossa jokainen yksilö elää ja toimii. Freudenthalin (1983) sanoin: ”Matemaattiset käsitteet, rakenteet ja ideat on kehitetty välineiksi, joilla luomme järjestystä fyysisen, sosiaalisen ja sisäisen maailmamme ilmiöihin” (s. ix).
- Ilmaisu ”käyttää ja soveltaa” kattaa matematiikan käytön ja matemaattisten ongelmien ratkaisun. Sillä tarkoitetaan myös laajempaa henkilökohtaista matematiikan kanssa tekemisissä olemista: viestimistä muiden kanssa, harrastamista, pohtimista, jopa matematiikan arvostamista ja siitä nauttimista. Siten *matemaattisen osaamisen* määritelmään sisältyy sekä matematiikan käyttö kapeassa mielessä että valmius oppia sitä lisää. Se sisältää myös matematiikan käytön viihteellisen ja esteettisen ulottuvuuden.
- Ilmaisu ”elämässään” sisältää henkilön yksityiselämän, työelämän ja sosiaalisen elämän työtovereiden, ystävien ja sukulaisten parissa sekä hänen elämänsä kansalaisena.

Täten *matemaattisen osaamisen* ydin on kyky asettaa, muotoilla, ratkaista ja tulkita ongelmia matematiikan avulla erilaisissa käyttötilanteissa ja -ympäristöissä. Käyttöympäristöt vaihtelevat puhtaasti matemaattisista sellaisiin, joissa ei ensi näkemältä ole mitään matemaattista rakennetta – ongelman asettajan tai ratkaisijan on itse luotava tämä rakenne. Määritelmässä ei näin ole kysymys pelkästään matematiikan tietynlaisesta perusosaamisesta, vaan sen laaja-alaisesta käytöstä eri tilanteissa, jotka vaihtelevat arkisista epätavallisiin ja yksinkertaisista monimutkaisiin.

Matematiikkaa koskevat asenteet ja tunteet, kuten itseluottamus, uteliaisuus ja kiinnostus sekä halu tehdä tai ymmärtää asioita, eivät määritelmällisesti sisälly *matemaattiseen osaamiseen*, mutta vaikuttavat siihen osaltaan merkittävästi. Periaatteessa on mahdollista, että yksilöllä on matemaattista osaamista ilman näitä asenteita ja tunteita. Käytännössä tätä osaamista tuskin käyttää tai soveltaa kukaan, jolla ei ole jonkinasteista itseluottamusta, uteliaisuutta, kiinnostusta ja mielekkyyden kokemusta tai halua tehdä ja ymmärtää asioita, joihin sisältyy matemaattisia aineksia. Näiden asenteiden ja tunteiden merkitys *matemaattisen osaamisen* oheistekijöinä tunnustetaan. Ne eivät ole mukana varsinaisessa matemaattisen osaamisen arvioinnissa, mutta niitä arvioidaan PISA-tutkimuksen muissa osissa.

”PISA-MATEMATIIKAN” TEOREETTINEN PERUSTA

The PISA-tutkimuksessa käytetty *matemaattisen osaamisen* määritelmä vastaa tuoreissa sosiokulttuurisissa lukutaitotutkimuksissa tarkasteltua laajaa ja yhtenäistä teoriaa kielen rakenteesta ja käytöstä. James Geen teoksessa *Preamble to a Literacy Program* (1998) termi ”lukutaito” (literacy) tarkoittaa ihmisten tapaa käyttää kieltä. Kyky lukea, kirjoittaa, kuunnella ja puhua jotain kieltä on ihmisen sosiaalisen toiminnan tärkein väline. Itse asiassa kaikkiin ihmiskunnan kieliin ja kielenkäytön tapoihin sisältyy rakenne, joka on monin tavoin sidoksissa sosiaalisiin toimintoihin. Hallitakseen jonkin kielen yksilön on tunnettava siihen liittyviä kulttuurisia erityispiirteitä ja osattava niiden avulla käyttää kieltä erilaisissa sosiaalisissa yhteyksissä. Vastaavasti, jos ajatellaan matematiikkaa kielenä, oppilaiden on opittava matemaattisen keskustelun perusaineokset. Niitä ovat matematiikan perusteet, termit, merkit ja symbolit sekä menettelytavat, joita tarvitaan matemaattisissa tarkasteluissa ja päätelmissä. Heidän on myös opittava matematiikan kulttuuriset erityispiirteet, jotta he osaisivat käyttää sitä rutiinitehtävien lisäksi yllättävien, sosiaalisesti määritettyjen ongelmien ratkaisemisessa. Kouluissa keskitytään yleensä matematiikan perusteiden, termien ja symbolien esittelyyn sekä yleisiin matemaattisiin tarkasteluihin. Yksilö saattaa tältä pohjalta tietää matematiikan perusteista paljonkin hallitsematta kuitenkin itse matemaattista ajattelutapaa, jonka avulla ongelmien ratkaisu olisi



tehokasta. Seuraava esimerkki havainnollistaa näitä tieteellisiä pohdintoja matematiikan perusteista ja matemaattisen ajattelutavan soveltamisesta PISA-viitekehyksessä tarkoitetulla tavalla.

Matematiikan esimerkkitehtävä 1: SYKE

Ihmisten tulisi terveyssyistä rajoittaa fyysistä ponnistelua esimerkiksi urheillessaan siten, ettei tietty syketaajuus ylitä.

Suosittelun maksimisykkeen ja henkilön iän välistä yhteyttä kuvattiin pitkään seuraavan kaavan avulla:

Suositelu maksimisyke = $220 - \text{ikä}$

Viimeaikainen tutkimus on osoittanut, että tätä kaavaa on hieman muokattava. Uusi kaava on seuraavanlainen:

Suositelu maksimisyke = $208 - (0,7 \times \text{ikä})$

Tämän tehtäväkokonaisuuden kysymyksissä käsitellään kahden kaavan välisiä eroja sekä sitä, miten ne vaikuttavat eri-ikäisille suositellun maksimisykkeen laskemiseen.

Kaavojen erilaisuus voidaan ratkaista noudattamalla matemaatikkojen yleismenetelmää, josta tässä matematiikan viitekehyksessä käytetään nimitystä ”matematisointi”. Matematisoinnissa on viisi vaihetta:

- *Ensimmäisessä vaiheessa matematisoinnin prosessi alkaa todellisen elämän ongelmasta.*

Esimerkkitehtävässä käsiteltävä todellinen elämänalue on terveys ja kunnon ylläpitäminen: ”Kuntoilussa on tärkeää, ettei rasita itseään liikaa, koska yllirasitus voi aiheuttaa sydänvaivoja.” Aihe selviää lukijalle, koska tekstissä puhutaan terveyden ja sydämen lyöntitiheyden suhteesta sekä mainitaan ”suositeltu maksimisyke”.

- *Toisessa vaiheessa ratkaisija etsii matemaattiset käsitteet, joiden avulla ongelmaa voidaan lähestyä.*

Oppilaan on nähtävästi ymmärrettävä kaksi sanallista kaavaa sekä vertailtava niitä ja niiden merkitystä matematiikan termein. Kaavoissa kerrotaan suositellun maksimisykkeen ja henkilön iän suhde.

- *Kolmannessa vaiheessa ongelma pyritään pelkistämään matemaattiseksi.*

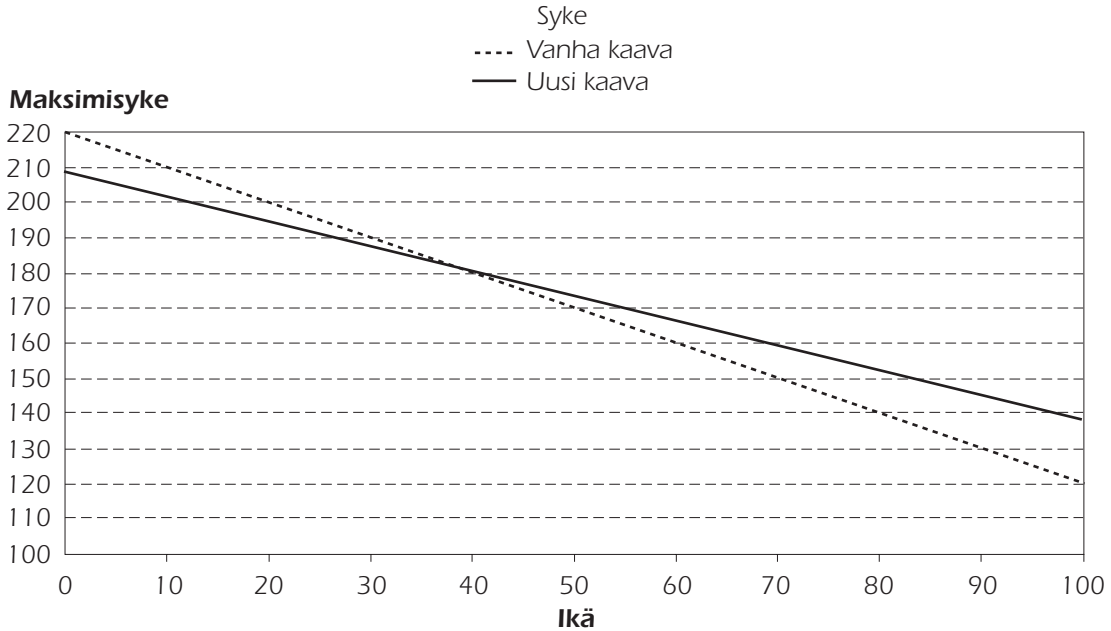
Ongelma voidaan eri tavoin muokata puhtaasti matemaattiseksi, ja empiirisen maailman ilmiöt häipyvät taustalle. Eräs tapa on muokata sanallisesti esitetty kaava muodollisemmaksi algebrayhtälöksi, esimerkiksi $y = 220 - x$ tai $y = 208 - 0,7x$. Oppilaan on muistettava, että y vastaa sydämen maksimisykettä minuutissa ja x vastaa ikävuosia. Toinen matemaattinen esitystapa on piirtää koordinaatistoon käyrät sanallisten selostusten perusteella. Käyrät ovat suoria, koska ne muodostetaan ensimmäisen asteen yhtälöiden avulla. Suorilla on eri kulmakertoimet, joten ne leikkaavat toisensa.

Nämä kolme vaihetta johtavat tosielämän ongelmasta matemaattiseen ongelmaan.

- *Neljäs vaihe on matemaattisen ongelman ratkaiseminen.*

Tässä tapauksessa matemaattisena ongelmana on verrata kahta kaavaa tai käyrää ja päätellä niiden avulla jotakin tietynikäisten ihmisten välisistä eroista. Helppo aloitustapa on selvittää, missä pisteessä kaavat antavat saman tuloksen tai mikä on suorien leikkauspiste. Oppilas voi määrittää tämän ratkaisemalla yhtälön: $220 - x = 208 - 0,7x$. Tulokseksi saadaan $x = 40$, ja y :lle vastaavasti arvo 180. Näin ollen suorat leikkaavat toisensa pisteessä (40, 180).

Piste löytyy myös seuraavalta kuvaajalta. Koska ensimmäisen kaavan mukaisen suoran kulmakerroin on -1 ja toisen $-0,7$, oppilas tietää, että toinen suora laskee loivemmin kuin ensimmäinen. Toisin sanoen suora $y = 220 - x$ on suoran $y = 208 - 0,7x$ yläpuolella, kun x :n arvot ovat alle 40, mutta sen alapuolella, kun x :n arvot ovat yli 40.



- Viidennessä vaiheessa kysytään, mikä on puhtaasti matemaattisen ratkaisun merkitys todellisen elämän kannalta.

Merkitystä ei ole kovin vaikea ymmärtää, jos oppilas tajuaa, että x on henkilön ikä ja y sydämen maksimisyke. Jos henkilö on 40-vuotias, tulos on sama kummallakin kaavalla: suositeltu maksimisyke on 180. ”Vanhan” säännön mukaan tätä nuoremmille sallitaan tiheämpi syke: äärimmäisessä tapauksessa, jos ikä on nolla, maksimi on vanhan säännön mukaan 220 ja uuden säännön mukaan vain 208. Tätä vanhemmille eli yli 40-vuotiaille uudemmat tutkimukset sallivat tiheimmän maksimisykkeen. Esimerkiksi 100-vuotiaiden suositeltu maksimisyke olisi vanhan säännön mukaan 120, mutta uuden säännön mukaan 138. Oppilaan on tietysti ymmärrettävä myös joukko muita asioita. Kaavat tosin näyttävät matemaattisen täsmällisiltä ja jäsentävät selkeästi sykkeen ja iän välistä yhteyttä. Todellisessa elämässä tämä suhde kuitenkin vaihtelee. Kaavat tarjoavat ikään kuin tilastollisen peukalosäännön, jota voidaan hyödyntää kunnon kohentamisessa mutta johon on suhtauduttava varauksella. Ikäjatkomon ääripäissä sykkeen ja iän välinen yhteys saattaa vaihdella paljonkin.

Yksinkertaisuudestaan huolimatta tämä esimerkki sisältää kaikki olennaiset matematisoinnin ja ongelmanratkaisun vaiheet.

Nämä vaiheet kuvaavat, miten matematiikkaa voidaan hyödyntää. Ne kuvaavat myös sitä, miten ihmiset käyttävät matemaattista osaamista nykyisissä ja tulevaisuudessa ammateissa ja miten valistuneiden ja ajattelevien kansalaisten tulisi käyttää tätä osaamista voidakseen täysipainoisesti osallistua nyky-



yhteiskuntaan. Itse asiassa matemaattisen ajattelun, ”matematisoinnin”, oppimisen tulisi olla yksi ensisijaisista tavoitteista kaikkien oppilaiden koulutuksessa.

Nykyisin kaikissa maissa tarvitaan matematiikkaa ja matemaattista ajattelua osaavia kansalaisia, joiden on toimittava hyvin mutkikkaassa ja nopeasti muuttuvassa yhteiskunnassa. Tarjolla olevan tiedon määrä kasvaa jyrkästi, eksponentiaalisesti, ja kansalaisten on kyettävä päättämään, miten he hyödyntävät sitä. Yhteiskunnallisessa keskustelussa väitteitä perustellaan yhä useammin määrällisellä tiedolla. Yksi esimerkki matemaattisen osaamisen tarpeellisuudesta on se, että ihmisten tulisi nykyään kyetä jatkuvasti arvioimaan kyselyissä ja tutkimuksissa esitettyjen väitteiden ja päätelmien paikkansapitävyyttä. Kyky arvioida väittämien perusteluja on yhä tärkeämpi osa vastuullista kansalaisuutta. Tässä viitekehyksessä käsitelty matematisoinnin vaiheet ovat ajattelun peruselementtejä, joiden avulla matematiikkaa voidaan käyttää tällaisissa haasteellisissa tilanteissa. Ilman kohtuullista matemaattisen ajattelun hallintaa yksilön voi olla hankalaa tehdä henkilökohtaisia päätöksiä, alttius uskoa näennäistieteellisiä väittämiä kasvaa, ja päätöksenteko työelämässä sekä julkisessa elämässä saattaa olla huonosti perusteltua.

Matemaattisesti osaava kansalainen ymmärtää, miten nopeaa muutos on ja miten tärkeää on suhtautua avoimesti elinikäiseen oppimiseen. Luova, joustava ja käytännönläheinen sopeutuminen muutoksiin on nyky-yhteiskunnassa välttämätöntä. Koulussa opitut taidot eivät mahdollisesti vastaa kansalaisten tarpeita kovin pitkälle aikuiselämään.

Taitavan ja ajattelevan kansalaisuuden vaatimukset koskevat myös työelämää. Työntekijät tekevät yhä harvemmin samanlaisina toistuvia fyysisiä tehtäviä. Sen sijaan he valvovat erilaisten kehittyneiden koneiden toimintaa, käsittelevät suuria tietomääriä ja osallistuvat ryhmässä ongelmanratkaisuun. Kehityssuuntana on, että yhä useammissa ammateissa vaaditaan kykyä ymmärtää, viestiä, käyttää ja selittää matemaattiseen ajatteluun perustuvia käsitteitä ja menettelytapoja. Matematisoinnin vaiheet ovat tällaisen matemaattisen ajattelun perusosia.

Matematiikkaa osaavat ja soveltavat kansalaiset oppivat usein myös arvostamaan sitä elinvoimaisena, muuttuvana ja tarpeellisenä tieteenalana, josta on paljon hyötyä elävässä elämässä.

PISA-tutkimuksen haasteellinen ongelma on, miten arvioida 15-vuotiaiden oppilaiden matemaattista osaamista ja erityisesti heidän matematisointitaitoaan. Ajallisesti rajatussa koetilanteessa tämä on vaikeaa. Useimmissa tosielämän ongelmissa kehittäminen empiirisestä maailmasta matematiikkaan ja päinvastoin vie paljon aikaa sekä vaatii yhteistyötä ja erilaisten lähteiden löytämistä ja tarkistamista.

Seuraava LOMAMATKA-tehtävä, joka oli mukana vuoden 2003 PISA-tutkimuksessa, on esimerkki matematisoinnista laajassa ongelmanratkaisutehtävässä. Sen aiheena oli suunnitella lomamatkan reitti ja yöpymispaikat. Oppilaille annettiin yksinkertaistettu kartta ja taulukko, joista näkyivät kartan kaupunkien välimatkat. Oppilaille esitettiin kaksi kysymystä.

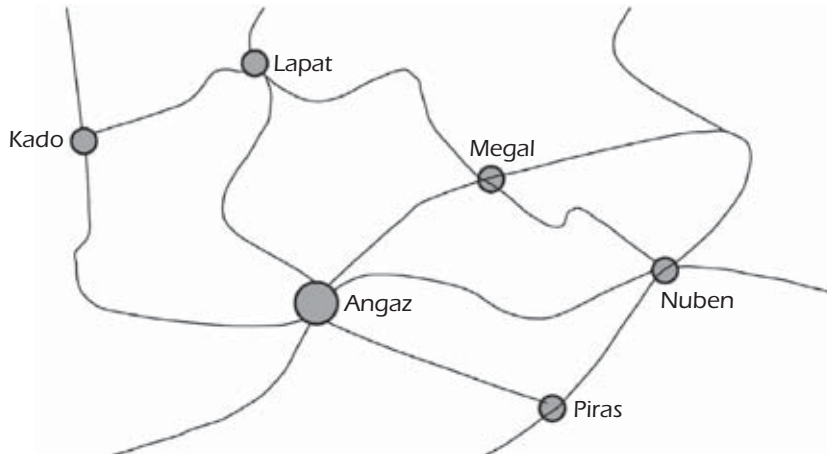


Matematiikan esimerkkitehtävä 2: LOMAMATKA

Tässä tehtävässä suunnitellaan paras reitti lomamatkaa varten.

Kaavioissa 1 ja 2 on esitetty alueen kartta ja kaupunkien välimatkataulukko.

Kaavio 1. Kaupunkien välinen tiekartta



Kaavio 2. Kaupunkien välimatkataulukko, lyhin ajoreitti kilometreinä

Angaz						
Kado	550					
Lapat	500	300				
Megal	300	850	550			
Nuben	500		1300	450		
Piras	300	850	800	600	250	
	Angaz	Kado	Lapat	Megal	Nuben	Piras

Tehtävä 1: LOMAMATKA

Laske Nubenin ja Kadoon välimatka lyhintä reittiä pitkin.

Välimatka: kilometriä.



Tehtävä 2: LOMAMATKA

Sonja asuu Angazissa. Hän haluaa käydä Kadossa ja Lapatissa. Hän voi kulkea *enintään 300 km* päivässä, mutta hän voi jaksottaa matkansa leiriytymällä yöksi mihin tahansa kaupunkien välille.

Sonja viiptyy kummassakin kaupungissa *kaksi yötä*, jotta hän voi käyttää kokonaisen päivän molempiin kaupunkeihin tutustumiseen.

Täydennä Sonjan matkasuunnitelma alla olevaan taulukkoon merkitsemällä siihen hänen kulloinenkin yöpymispaikkansa.

Päivä	Yöpymispaikka
1	Leirintäalue Angazin ja Kadon välillä
2	
3	
4	
5	
6	
7	Angaz

Tehtävä ei näytä sinänsä liittyvän mihinkään kouluaineeseen, vaikka sillä onkin selvä yhteys diskreettiin (epäjatkuvia rakenteita tutkivaan) matematiikkaan. Ongelman ratkaisuun ei myöskään ole annettu mitään valmista strategiaa. Usein oppilaille annetaan tehtäviä, joiden ratkaisustrategia on heille tuttu. Todellisen elämän ongelmia ratkaistaessa on kuitenkin harvoin tarjolla mitään ennalta tunnettua strategiaa.

Matematisoinnin viisi vaihetta näkyvät tehtävässä selvästi. Ongelma sijoittuu todelliseen elämään ja on jäseneltävissä matemaattisten käsitteiden (välimatkataulukot tai matriisit) ja karttojen (todellisuuteen perustuvien mallien) avulla. Oppilaan on karsittava turha tieto ja keskityttävä tarpeelliseen matemaattiseen tietoon. Kun oppilas on ratkaissut ongelman matemaattisesti, hänen on pohdittava, mitä ratkaisu merkitsee alkuperäisen, todellisen tilanteen kannalta.

Vaikka ongelman ratkaiseminen edellyttää suhteellisen vähän lukemista, se on silti varsin mutkikas, koska oppilaan on luettava ja tulkittava tietoa sekä kartalta että välimatkataulukosta. Jotta voisi selvittää tietyt etäisyydet, ne on luettava taulukon alareunasta lähtien eikä vasemmalta alaspäin. Esimerkiksi Nubenin ja Pirasin välisen etäisyyden selvittämiseksi onkin etsittävä Pirasin etäisyyttä Nubenista (*Problem Solving for Tomorrow's World – First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003* (OECD, 2004)).

Toinen kysymys asettaa useita samanaikaisesti tarkkailtavia rajoituksia – pisin päivämatka saa olla 300 km, lähtö- ja paluupaikan on oltava Sonjan kotikaupunki Angaz, on käytävä Kadossa ja Lapatissa ja viivyttävä molemmissa kaksi yötä, jotta lomamatka olisi halutunlainen.

Tämä tehtävä sisältyi PISA-ongelmanratkaisututkimukseen vuonna 2003, jolloin oppilailla oli huomattavasti enemmän vastaamisaikaa. Tavallisesti matematiikantehtävien vastausaika on selvästi lyhyempi.

Ihannetapauksessa arvioitaessa 15-vuotiaiden oppilaiden kykyä hyödyntää matematiikkaa elävän elämän ongelmien ratkaisussa kerättäisiin tietoa siitä, miten he kykenevät matematisoimaan

monimutkaisia tilanteita. Käytännössä tämä ei onnistu. PISA-tutkimuksessa tätä haastetta lähestytään tehtävillä, joilla arvioidaan matematisoinnin eri vaiheita. Seuraavassa jaksossa kuvaillaan, millä keinoin laaditaan tehtäviä matematisoinnin viiden vaiheen tasapuoliseksi tutkimiseksi. Tarkoituksena on, että vastausten perusteella voidaan paikantaa oppilaiden sijainti *matemaattisen osaamisen* suori-
tusasteikolla.

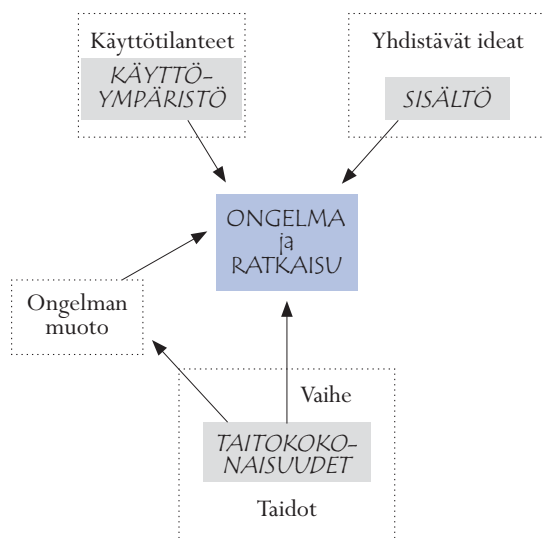
AIHEPIIRIN JÄSENTÄMINEN

PISA-tutkimuksen matematiikan viitekehyksessä perustellaan ja kuvataan tapa, jolla arvioidaan 15-vuotiaiden oppilaiden kykyä ratkaista matematiikan avulla todellisen elämän ongelmia, tai yleisemmällä tasolla, kuinka matemaattisesti ajattelevia 15-vuotiaat oppilaat ovat. Arvioitavan aihepiirin tarkempaa jäsenystä varten erotetaan kolme osa-aluetta:

- *Käyttötilanteet tai -ympäristöt*, joihin tehtävät sijoittuvat.
- *Matemaattinen sisältö*, jota tarvitaan tehtävän ratkaisemisessa; sisältö on jäsennelty tiettyjen sitä yhdistävien ideoiden mukaan.
- *Taidot*, joita tarvitaan todellisen elämän (ongelman lähtökohta) yhdistämisessä matemaattiseen ajatteluun ongelman ratkaisemiseksi.

Osa-alueet on esitetty kaaviossa 3.1 ja kukin niistä selitetään tarkemmin jäljempänä.

Kaavio 3.1 ■ Matematiikan aihepiirin osa-alueet



Yksilön *matemaattisen osaamisen* laajuus näkyy tavassa, jolla hän käyttää matemaattista tietoa ja taitoa ongelmien ratkaisuun. Ongelmat (ja niiden ratkaisut) voivat esiintyä yksilön elämässä monenlaisissa tilanteissa tai ympäristöissä. PISA-tehtävät juontavat todellisesta elämästä kahdessa mielessä. Ensinnäkin tehtävien ongelmat esiintyvät tietyissä väljästi määritellyissä käyttötilanteissa, joilla on merkitystä myös oppilaan omassa elämässä. Näitä tilanteita on oikeasti olemassa ja niitä kuvaa suuri neliö kaavion vasemmassa yläkulmassa. Toiseksi, tehtävien ongelmat rajautuvat käyttötilanteessa tarkemmin tiettyyn käyttöympäristöön, jota kuvaa harmaa suorakulmio. Tämä kokonaisuus on ensimmäinen osa-alue.



SYKE- ja LOMAMATKA-esimerkkitehtävissä käyttötilanne on henkilökohtainen todellinen elämä ja käyttöympäristöt ovat aktiivisesti liikkuvan kansalaisen kuntoilu ja terveys sekä lomamatkan suunnittelu.

Seuraava osa-alue pohdittaessa *matemaattista osaamista* on matemaattinen sisältö, jota yksilö voi hyödyntää ratkaistessaan ongelmaa. Matemaattista sisältöä voidaan havainnollistaa neljällä sitä yhdistävällä idealla, jotka kattavat erilaiset arjessa kohdatut ilmiöt ja joiden tarkastelussa matemaattiset mielikuvat vaikuttavat luonteeltaan. PISA-arvioinnissa näiksi sisältöä yhdistäviksi ideoiksi on valittu *tila ja muoto, muutos ja suhteet, määrä ja epävarmuus*. Sisältöä lähestytään tässä hieman eri tavoin kuin matematiikan opetuksessa tai koulujen opetussuunnitelmissa yleensä. Sisältöä yhdistävät ideat kattavat kuitenkin yhdessä melko hyvin ne matematiikan alueet, jotka oppilaiden odotetaan oppineen. Yhdistäviä ideoita kuvaa kaaviossa 3.1 oikean ylänurkan suuri neliö. Yhdistävistä ideoista ammennetaan kulloisenkin ongelman ratkaisuun tarvittava matemaattinen sisältö. Tätä esittää suuren neliön sisällä oleva harmaa suorakaide. Tämä kokonaisuus on toinen osa-alue.

Käyttöympäristöstä ja sisällöstä ongelmaan johtavat nuolet osoittavat, miten todellisessa elämässä (johon matematiikka sisältyy) syntyy ongelma.

SYKE-tehtäväkokonaisuuteen sisältyy matemaattisen riippuvuuden käsite sekä päättelyssä tarvittava kahden suhteen vertailu. Tehtäväkokonaisuus kuuluu täten yhdistävän idean *muutos ja suhteet* alueeseen. LOMAMATKA-tehtäväkokonaisuus sisältää joitakin peruslaskutoimituksia, mutta sen toinen tehtävä edellyttää vaativahkoa loogista päättelyä. Sopivin yhdistävä idea on *määrä*.

Matematiikan ja matemaattisen ajattelutavan hyödyntämistä ongelmanratkaisussa kutsutaan matemaattisiksi taidoiksi. Erityyppisten ongelmien ratkaisussa tarvittavat kognitiiviset prosessit voidaan jakaa kolmeen taitokokonaisuuteen. Ne kuvaavat tapoja, joilla matemaattisia prosesseja yleensä käytetään ratkaistaessa todellisen elämän ongelmia. Näitä kolmea taitokokonaisuutta käsitellään tarkemmin tuonnempana.

Viitekehyksen kolmatta osa-aluetta, yleisiä matemaattisia taitoja, esittää kaaviossa 3.1 alimpana oleva neliö. Sen sisällä oleva harmaa suorakaide kuvaa kolmea taitokokonaisuutta. Kunkin tehtävän ratkaisemisessa tarvittavat erityistaidot riippuvat tehtävän luonteesta ja ne näkyvät siinä, millainen ratkaisu on. Tätä vuorovaikutusta kuvaa nuoli, joka kulkee taitokokonaisuuksista ongelmaan ja sen ratkaisuun.

Viimeinen nuoli vie taitokokonaisuuksista ongelman muotoon. Tehtävänratkaisussa käytetyt taidot liittyvät kunkin ongelman muotoon ja nimenomaisiin vaatimuksiin.

Edellä käsitelty kolme osa-aluetta ovat luonteeltaan erilaisia. Erilaiset taidot muodostavat kuitenkin *matemaattisen osaamisen* ytimen. Vasta kun oppilailla on hallussaan tarvittavat taidot, he kykenevät onnistuneesti ratkaisemaan tehtävät. *Matemaattista osaamista* arvioitaessa arvioidaan sitä, missä määrin oppilailla on matemaattisia taitoja, joita he kykenevät soveltamaan eri ongelmatilanteissa.

Seuraavaksi käsitellään arvioitavan matemaattisen aihepiirin kolmea osa-aluetta tarkemmin.

KÄYTTÖTILANTEET JA -YMPÄRISTÖ

Matemaattisessa osaamisessa on tärkeää sitoutua sen käyttöön. Matemaattista ajattelua käytetään ja sovelletaan monenlaisissa tilanteissa. Nämä käyttötilanteet määrittävät, miten ongelmat hahmotetaan ja millaisia matematiikan apuneuvoja niiden ratkaisuun tarvitaan.

Käyttötilanteeksi nimitetään tässä sitä oppilaan elämänpäiirin osaa, johon tehtävät sijoittuvat. Sen tuttuus oppilaalle vaihtelee. PISA-tutkimuksessa oppilaalle läheisin käyttötilanne on yksityiselämä. Seuraavaksi tulevat koulunkäynti, työelämä ja vapaa-aika, ja niiden jälkeen paikallisyhteisö ja yhteiskunta siten kuin ne kohdataan arkielämässä. Etäisimpiä ovat tieteesen liittyvät käyttötilanteet. PISA-koetehtäviä laadittaessa käyttötilanteet jaoteltiin neljäksi ryhmäksi, jotka ovat *yksityinen, koulutuksellinen tai ammatillinen, julkinen ja tieteellinen*.

Tehtävän tarkempaa sijaintia käyttötilanteen tietyllä osa-alueella kutsutaan tässä tehtävän käyttöympäristöksi. Siihen kuuluvat kaikki yksityiskohdat, joiden avulla ongelma on muotoiltu. Tätä valaisee seuraava esimerkki.

Matematiikan esimerkkitehtävä 3: SÄÄSTÖTILI

Pankissa on säästötili, ja sille talletetaan 1000 zediä. Vaihtoehtoja on kaksi: tilille voi saada 4 %:n vuotuisen koron TAI 3 %:n vuotuisen koron ja välittömästi 10 zedin suuruisen bonuksen.

Tehtävä 1: SÄÄSTÖTILI

Kumpi vaihtoehto on vuoden kuluttua parempi? Entä kahden vuoden kuluttua?

Tehtävän käyttötilanne on rahoitus- ja pankkimaailma, joka sisältyy paikallisyhteisöön ja yhteiskuntaan ja joka PISA:ssa luokitellaan julkiseksi. Tehtävän käyttöympäristö koskee rahaa (zedejä) ja pankkitilin korkoja.

Tällainen tehtävä voisi kuulua osallistujan kokemuspäiiriin jossain todellisessa elämäntilanteessa. Tehtävässä matematiikkaa käytetään aidossa ympäristössä, jossa siitä voisi todella olla apua ongelmanratkaisussa. Matematiikan oppikirjoissa on usein päätarkoituksena harjoittaa tiettyä matemaattista taitoa eikä käyttää sitä minkään todellisen ongelman ratkaisemiseen. Tällainen matematiikan ”aito” hyödyntäminen on tärkeä ulottuvuus PISA-tutkimuksen tehtävien suunnittelussa ja analysoinnissa, ja se liittyy selkeästi *matemaattisen osaamisen* määritelmään.

Sanan ”aito” käyttö ei tarkoita, että tehtävät olisivat välttämättä erityisen aitoja ja todellisia. PISA-matematiikassa ”aitoudella” tarkoitetaan matemaattisten apuneuvojen käyttöä käsillä olevan ongelman ratkaisemiseen oikeasti sen sijaan, että ongelma olisi vain välikappale jonkin matemaattisen yksityiskohdan harjoittelussa.

SÄÄSTÖTILI-tehtävään sisältyy kuvitteellisia aineksia, kuten käytetty rahayksikkö. Käyttämällä keksittyä piirrettä varmistetaan, ettei jokin oikea rahayksikkö suosi sitä käyttävien maiden oppilaita.

Tehtävän käyttötilannetta ja -ympäristöä voidaan pohtia myös tehtävän ja siihen tarvittavan matematiikan keskinäisen etäisyyden kannalta. Jos tehtävä liittyy vain matemaattisiin objekteihin, symboleihin tai rakenteisiin, eikä viittaa mitenkään matemaattisen maailman ulkopuolelle,



tehtäväympäristön katsotaan olevan matematiikansisäinen, ja sen käyttötilanne on tieteellinen. PISA:ssa on jonkin verran mukana tällaisia tehtäviä, joissa ongelman ja siihen liittyvän matematiikan läheinen yhteys osoitetaan selvästi tehtävän käyttöympäristössä. Tavallisempaa kuitenkin on, että oppilaan arkielämässä kohtaamia ongelmia ei ilmaista avoimen matemaattisin termin. Tehtävät viittaavat todellisen maailman ilmiöihin. Näiden tehtävien käyttöympäristö on matematiikan-ulkoinen, ja oppilaan on muokattava tehtävät matemaattiseen muotoon. Yleisesti ottaen PISA-tutkimuksessa painotetaan tehtäviä, jotka voivat tulla elämässä oikeasti vastaan ja joissa matematiikalla on aito käyttöympäristö ongelmanratkaisussa ja sen tulkinnessa. Tämä ei estä ottamasta mukaan tehtäviä, joissa yhteys todellisuuteen on kuvitteellinen, kunhan mukana on joitakin todellisia elementtejä, tehtävää ei ole etäännytetty liikaa tosielämän tilanteista, ja matematiikkaa käytetään aitoon ongelmanratkaisuun. Esimerkissä 4 on tehtävä, jonka kuvitteellinen käyttöympäristö on matematiikanulkoisen.

Matematiikan esimerkkitehtävä 4: RAHAJÄRJESTELMÄ

Tehtävä 1: RAHAJÄRJESTELMÄ

Olisiko mahdollista luoda rahajärjestelmä, jossa rahojen ainoat arvot olisivat 3 ja 5? Ja tarkemmin, millaisia summia tällä tavoin päädyttäisiin käsittelemään? Olisiko tällainen järjestelmä kannatettava?

Tämän ongelma ei ole niinkään todennäköinen arkielämässä, mutta se on matemaattisesti kiinnostava ja edellyttää *matemaattiseen osaamiseen* liittyviä taitoja. Yksi matematiikan mahtavimpia ominaisuuksia on, että sen avulla voidaan kuvata hypoteettisia tapahtumaketjuja ja tutkia tietynlaisten järjestelmien tai tilanteiden mahdollisuutta, vaikka niitä ei toteutettaisikaan käytännössä. Tämän tyyppisten tehtävien käyttötilanne luokitellaan tieteelliseksi.

Tiivistäen voidaan todeta, että PISA-tutkimuksessa pidetään parhaina tehtäviä, joita voi kohdata erilaisissa arkielämän tilanteissa ja joiden käyttöympäristössä matematiikka on aito ongelmanratkaisukeino. *Matemaattista osaamista* arvioidaan mieluiten tehtävillä, joiden käyttöympäristö on matematiikanulkoisen, koska sellaisia arkielämässäkin useimmiten tavataan.

NELJÄ MATEMAATTISTA SISÄLTÖÄ YHDISTÄVÄÄ IDEAA

Matematiikkaa pidetään nykyään usein tieteenä, joka käsittelee yleisiä säännönmukaisuuksia. Niinpä PISA-viitekehityksessä matemaattisen sisällön määrittää neljä tämän käsityksen mukaista yhdistävää ideaa. *Tilan ja muodon, muutoksen ja suhteiden sekä määrän* säännönmukaisuudet ovat keskeisiä ja olennaisia käsitteitä kaikissa matematiikan määritelmässä ja ne kuuluvat kaikkien opetussuunnitelmien ytimeen tasosta riippumatta. Matemaattinen osaaminen on kuitenkin vielä jotain enemmän. On olennaista kyetä käsittelemään epävarmuutta matematiikan ja luonnontieteen näkökulmasta. Siksi valittiin neljäs yhdistävä idea todennäköisyysteorian ja tilastotieteen perusteista: *epävarmuus*.

PISA 2006 -tutkimuksessa on käytetty seuraavia matemaattista sisältöä yhdistäviä ideoita, jotta alan historiallinen kehitys, aihepiirin kattavuus ja koulujen opetussuunnitelmien painopisteet tulisivat otetuiksi huomioon:

- *Tila ja muoto*
- *Muutos ja suhteet*
- *Määrä*
- *Epävarmuus*

Näiden neljän yhdistävän idean avulla matemaattinen sisältö voidaan jäsentää niin monipuolisesti, että tehtävät kattavat opetussuunnitelman riittävän laajasti. Toisaalta myös vältetään liian yksityiskohtainen sisällön jaottelu, jolloin kyetään keskittymään todellisissa tilanteissa esiintyviin ongelmiin.

Yhdistävien ideoiden avulla voidaan luontevasti tarkastella erilaisia ilmiöitä ja käsitteitä erilaisissa käyttötilanteissa ja tilanteesta toiseen. Jokaista yhdistävää ideaa voidaan pitää eräänlaisena yleiskäsitteenä, joka kuvastaa yleisemmin tiettyä matemaattista ulottuvuutta. Täten yhdistäviä ideoita ei voida rajata täysin toisistaan riippumattomiksi, kuten ei perinteisiä matematiikan sisältöalueitakaan. Pikemminkin jokainen niistä edustaa perspektiiviä tai näkökulmaa, jolla on tietty ydin ja painopiste, ja jonka epäselvillä reuna-alueilla yhdistävien ideoiden alueet leikkaavat keskenään. Periaatteessa jokaisella yhdistävällä idealla on yhteyksiä ja jopa päällekkäisyyksiä toistensa kanssa. Seuraavassa käsitellään tarkemmin kutakin näistä neljästä.

Tila ja muoto

Säännönmukaisuuksia esiintyy kaikkialla: puhutuissa sanoissa, musiikissa, videoissa, liikenteessä, rakennuksissa ja taiteessa. Muotoja voidaan pitää säännönmukaisuuksina, joista ovat esimerkkejä vaikka asuintalot, toimistorakennukset, sillat, meritähdet, lumihiihtaleet, asemakaavat, apilanlehdet, kiteet ja varjot. Monenlaisia ilmiöitä voidaan melko yksinkertaisesti mallintaa geometrisilla kuvioilla, ja niitä voi ja kannattaa tutkia eri näkökulmista (Grünbaum, 1985).

On myös tärkeää ymmärtää esineiden ominaisuuksia ja sijaintia toisiinsa nähden. Oppilaiden on oltava tietoisia siitä, miten ja miksi he näkevät asioita, ja opittava suunnistamaan tilassa, rakenteissa ja muodoissa. Tällöin heidän on ymmärrettävä muotojen, kuvioiden tai muiden havainnollistavien esitysten suhde toisiinsa, esimerkiksi todellisen kaupungin ja sitä esittävien valokuvien ja karttojen suhde. Tähän liittyen tarvitsee ymmärtää, miten kolmiulotteisia esineitä voidaan esittää kaksiulotteisina, miten varjot muodostuvat ja miten niitä tulkitaan sekä mikä on perspektiivi ja miten se toimii.

Muoto kuuluu vahvasti perinteiseen geometriaan, mutta sen sisältö, merkitys ja menetelmät ulottuvat paljon laajemmalle. Todellisten muotojen käsittely edellyttää nähdyn maailman tajuamista sekä näköhavainnoista saadun tiedon ymmärtämistä ja tulkintaa. Ymmärtääkseen muodon käsitteen oppilaiden on oivallettava esineiden yhtäläisyydet ja erot, kyettävä erittelemään esineen osien koostumus sekä tunnistettava mittasuhteiltaan ja esitystavoiltaan vaihtelevia muotoja.

On tärkeää huomata, että muodot eivät välttämättä ole pysyviä. Muoto voi muuttua toiseksi, ja muotoja voidaan muokata. Muutoksia voidaan toisinaan havainnollistaa hienosti tietokoneen avulla. Oppilaiden tulee kyetä havaitsemaan toistuvuudet ja säännönmukaisuudet myös muodon muuttuessa. Tästä on esimerkki kaaviossa 3.2.

Muodon ja rakenteiden tutkiminen vaatii niiden yhtäläisyyksien ja erojen etsimistä. Samalla on eriteltävä niiden osatekijöitä ja tunnistettava niiden eri tavoin esitettyjä ja mittasuhteiltaan vaihtelevia aineksia. Muotojen tutkiminen liittyy läheisesti tilan ymmärtämisen käsitteeseen (Freudenthal, 1973).

Tällaista ajattelua vaativista tehtävistä on runsaasti esimerkkejä. On tunnistettava kaupunki valokuvasta ja yhdistettävä valokuva samaa kaupunkia esittävään karttaan siten, että selviää, mistä kuva on otettu. On piirrettävä kartta. On oivallettava, miksi lähellä sijaitseva rakennus näyttää suuremmalta kuin kauempana sijaitseva tai miksi ratakiskot näyttävät yhtyvän horisontissa. Kaikki tämä on olennaista tilan ja muodon yleispiirteitä opiskeltaessa.



Koska oppilaat elävät kolmiulotteisessa maailmassa, heidän voidaan olettaa hahmottavan esineitä kolmelta suunnalta (esimerkiksi edestä, takaa ja ylhäältä). Näin he ovat myös perillä siitä, mitä etuja ja rajoituksia erilaisilla kolmiulotteisten muotojen esityksillä on, kuten käy ilmi kaaviosta 3.3. Heidän on ymmärrettävä paitsi esineiden keskinäinen sijainti myös se, miten he voivat liikkua tilassa, rakenteissa ja muodoissa. Tästä ovat esimerkkeinä kartan lukeminen ja tulkitseminen sekä matkasuunnitelman tekeminen siitä, kuinka paikasta A päästään paikkaan B koordinaattien, yhteisen kielen tai kuvan avulla.

Muotojen käsitteellinen ymmärtäminen sisältää myös kyvyn laatia kolmiulotteisesta esineestä kaksiulotteinen piirustus ja päinvastoin, vaikka kolmiulotteinen esine olisi esitetty kaksiulotteisena. Tästä on esimerkki kaaviossa 3.4.

Tilaa ja muotoa koskevassa matemaattisessa sisällössä keskeisiä ovat:

- Muotojen ja kuvioden tunnistaminen
- Visuaalisen tiedon kuvaaminen, erittely ja tulkinta
- Muotojen dynaamisten muutosten oivaltaminen
- Yhtäläisyydet ja erot
- Suhteelliset sijainnit
- Kaksi- ja kolmiulotteiset esitykset ja niiden väliset suhteet
- Tilassa liikkuminen

Tilaan ja muotoon liittyviä esimerkkejä

Kaaviossa 3.2 on yksinkertainen esimerkki siitä, miten muuntuvien muotojen käsittäminen vaatii joustavuutta. Kyseessä on kuutio, jonka läpi on tehty tasoleikkaus. Kaaviosta voi esittää monenlaisia kysymyksiä, esimerkiksi:

Kaavio 3.2 ■ Kuutio, joka on lävistetty tasoleikkauksella eri kohdista

Mitä muotoja voi syntyä, kun kuutioon tehdään tasoleikkaus?

Montako tahkoa, särmää tai kärkeä syntyy, kun kuutio leikataan tällä tavoin?

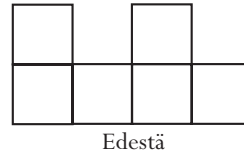
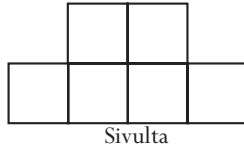




Seuraavassa on kolme esimerkkiä, joissa tarvitaan perehtyneisyyttä erilaisiin kolmiulotteisten muotojen esityksiin. Ensimmäisessä (kaavio 3.3) on kuutioista rakennetun esineen etu- ja sivukuva. Kysymys kuuluu:

Kaavio 3.3 ■ Kuutioista tehdyn esineen etu- ja sivukuva

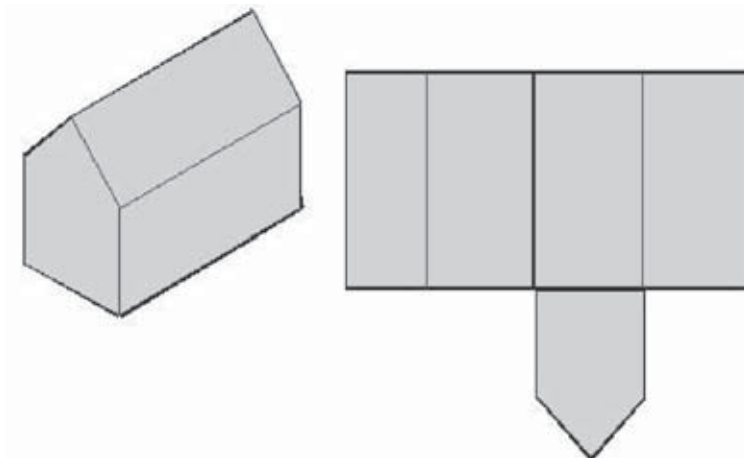
Kuinka monta kuutiota tämän esineen muodostamiseen on tarvittu?



Niin oppilaat kuin opettajatkin saattavat ylläytyä kuullessaan, että suurin mahdollinen kuutiomäärä on 20 ja pienin 6 (de Lange, 1995).

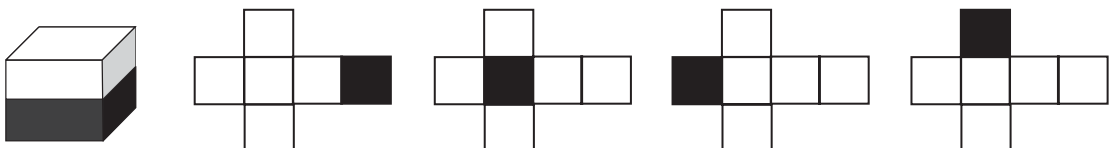
Seuraavassa esimerkissä on kaksiulotteinen piirroskuva aitasta sekä epätäydellinen piirros aitasta tasoon levitettynä. Tehtävänä on täydentää piirustus.

Kaavio 3.4 ■ Kaksiulotteinen piirroskuva kolmiulotteisesta aitasta ja (epätäydellinen) piirros siitä tasoon levitettynä



Kolmas, edellistä muistuttava esimerkki on esitetty kaaviossa 3.5 (muokattu teoksesta HersHKovitz ym., 1996).

Kaavio 3.5 ■ Kuutio, jonka alaosa on musta





Kuution alempi puolikas on väritetty mustaksi. Kussakin neljässä piirustuksessa pohjimmainen tahko on jo väritetty mustaksi. Tehtävänä on värittää kustakin piirustuksesta mustaksi puuttuvat osat.

Muutos ja suhteet

Kaikki luonnonilmiöt ilmentävät jotakin muutosta. Ympäröivä maailma on täynnä ilmiöiden välisiä tilapäisiä tai pysyviä suhteita. Esimerkkejä ovat kasvaessaan muuttuvat eliöt, vuodenaikojen vaihtelu, vuoroveden vaihtelu, työttömyyskaudet, säätilan muutokset ja osakkeiden hintoja kuvaavat indeksit. Jotkut muutosprosessit noudattavat yksinkertaisia matemaattisia funktioita – lineaarisia, eksponentiaalisia, jaksollisia tai logistisia, diskreettejä tai jatkuvia – joilla niitä myös voidaan kuvata tai mallintaa. Toisaalta suhteet ovat hyvin erilaisia, ja usein on välttämätöntä analysoida tietoja, jotta selviäisi, millaisesta suhteesta kulloinkin on kysymys. Matemaattiset suhteet ovat usein ilmaistavissa yhtälönä tai epäyhtälönä, mutta on olemassa yleisluontoisempiakin suhteita (kuten yhtäsuuruus, jaollisuus, joukkoon kuuluminen).

Opeteltaessa hahmottamaan muutoksia Stewart (1990) suosittelee, että:

- Muutokset esitetään tajuttavassa muodossa
- Ymmärretään muutoksen perustyytit
- Tunnistetaan tietyn tyyppiset muutokset niiden esiintyessä
- Sovelletaan näitä menetelmiä ulkomaailmassa
- Pyritään hallitsemaan muuttuvaa ympäristöä parhain tavoin

Muutoksia ja suhteita voidaan esittää monella tavalla, kuten numeerisesti (esim. taulukkona), symbolisesti, graafisesti, algebrallisesti ja geometrisesti. On tärkeää ymmärtää jonkin esitystavan muuntaminen joksikin toiseksi. Samoin on tärkeää, että oivalletaan ja tunnistetaan olennaiset suhteet ja muutostyytit. Oppilaiden tulee tuntea seuraavat käsitteet: lineaarinen kasvu (lisääntyvä prosessi), eksponentiaalinen kasvu (kerrannaisesti lisääntyvä prosessi) ja jaksollinen kasvu. Lisäksi on ainakin pintapuolisesti tunnettava logistinen kasvu eksponentiaalisen kasvun erityistapauksena.

Oppilaiden tulee myös tuntea näiden tarkastelutapojen suhteet – lineaaristen ja eksponentiaalisten prosessien tärkeimmät erot, prosentuaalisen ja eksponentiaalisen kasvun yhtäläisyys sekä miten ja miksi logistista kasvua esiintyy, joko jatkuvassa tai diskreetissä muodossa.

Kun toisiinsa liittyvät esineet tai ilmiöt vaikuttavat toisiinsa, niiden muodostamassa järjestelmässä tapahtuu muutoksia. Kaikki mainittujen esimerkkien ilmiöt muuttuvat ajan kuluessa. Todellisessa elämässä on kuitenkin monia esimerkkejä tilanteista, joissa kohteiden välinen suhde on toisenlainen. Esimerkiksi:

Jos kitaran kielen pituus puolittuu, uusi sävel on oktaavia korkeampi kuin alkuperäinen sävel. Siten sävelkorkeus riippuu kielen pituudesta.

Kun rahaa talletetaan pankkitilille, tilin saldo riippuu talletuskertojen jaottojen määrästä ja tiheydestä sekä koron suuruudesta.

Suhteet johtavat riippuvuuteen. Riippuvuus tarkoittaa, että tiettyjen matemaattisten kohteiden ominaisuudet ja muutokset voivat riippua toisten matemaattisten kohteiden ominaisuuksista ja muutoksista tai vaikuttaa niihin. Matemaattiset suhteet esiintyvät usein yhtälöinä tai epäyhtälöinä, mutta on olemassa yleisempiäkin suhteita.

Muutos ja suhteet edellyttävät funktionaalista ajattelua. Funktionaalinen ajattelu – eli ajattelu, joka perustuu suhteiden oivaltamiseen – on matematiikan opetuksen tärkeimpiä tavoitteita (MAA, 1923). Mitä 15-vuotiaisiin oppilaisiin tulee, heidän pitäisi ymmärtää muutoksen nopeuden, voimakkuuden ja jyrkkyyden käsite (joskaan ei välttämättä kaavan tai yhtälön avulla) sekä jonkin muuttujan riippuvuus jostakin toisesta muuttujasta. Heidän tulisi kyetä arvioimaan, miten nopeasti prosessit tapahtuvat, myös suhteessa toisiin prosesseihin.

Tämä matematiikan sisällön yhdistävä idea liittyy läheisesti eräiden muiden yhdistävien ideoiden piirteisiin. Numeeristen säännönmukaisuuksien tutkimus johtaa kiehtovien suhteiden havaitsemiseen: Fibonaccin luvut ja kultainen leikkaus ovat siitä esimerkkejä. Kultainen leikkaus on käsite, joka liittyy myös geometriaan. *Tilan ja muodon* ideasta löytyy monia esimerkkejä *muutoksesta ja suhteista*: esimerkiksi pinta-alan kasvu suhteessa halkaisijan tai kehän kasvuun. Niin ikään euklidisessa geometriassa tutkitaan suhteita. Tunnettu esimerkki on kolmion sivujen suhde. Jos kahden sivun pituus tiedetään, kolmatta ei voida määritellä, mutta on mahdollista määritellä vaihteluväli, jolle pituus asettuu. Vaihteluvälin toinen pää on kahden muun sivun erotuksen itseisarvo ja toinen niiden summa. Kolmion eri osien välillä vallitsee monia vastaavanlaisia yhteyksiä.

Epävarmuus sisältyy tekijänä monenlaisiin tehtäviin, joita voidaan tarkastella *muutoksen ja suhteiden* näkökulmasta. Jos kahta noppaa on heitetty ja toisen silmäluku on neljä, millä todennäköisyydellä silmälukujen summa on yli 7? Vastaus (50 %) perustuu todennäköisyyden ja sallittujen tulosten väliseen riippuvuuteen. Kysytty todennäköisyys on kaikkien sallittujen tulosten suhde kaikkiin mahdollisiin tuloksiin. Kyseessä on funktionaalinen riippuvuus.

[Muutokseen ja suhteisiin liittyviä esimerkkejä](#)

Matematiikan esimerkkitehtävä 5: LUOKKARETKI

Koululuokka haluaa vuokrata bussin retkeä varten, ja hintoja tiedustellaan kolmelta yhtiöltä.

Yhtiö A veloittaa perusmaksuna 375 zediä sekä 0,5 zediä kultakin ajetulta kilometriltä. Yhtiö B veloittaa perusmaksuna 250 zediä sekä 0,75 zediä kultakin ajetulta kilometriltä. Yhtiö C veloittaa 200 kilometriin asti 350 zedin kiinteän maksun, ja sen ylittäviltä kilometreiltä 1,02 zediä.

Tehtävä 1: LUOKKARETKI

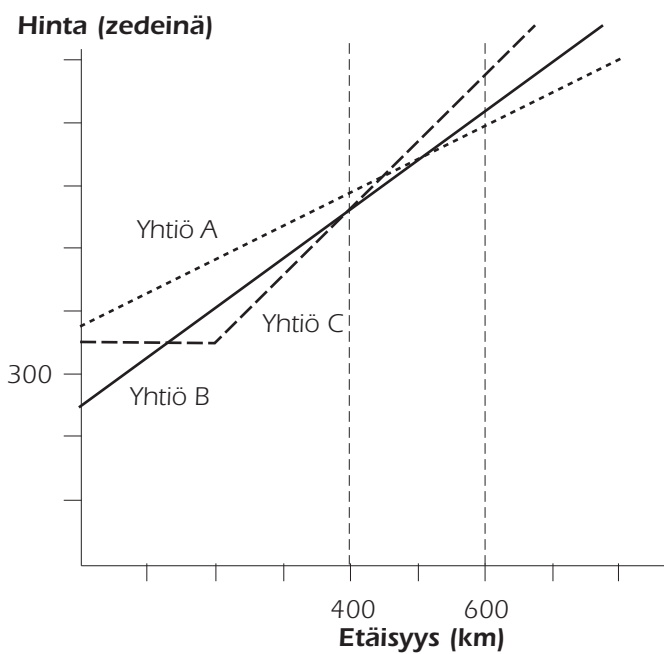
Mikä yhtiö luokan kannattaa valita, jos retken kokonaispituus on 400:n ja 600 km:n välillä?

Jos jätetään huomiotta käyttöympäristön kuvitteelliset elementit, tällainen ongelma voi uskottavasti esiintyä tosielämässäkin. Sen ratkaisemiseksi on kyettävä muodostamaan useita funktionaalisia yhteyksiä sekä yhtälöitä ja epäyhtälöitä. Se voidaan ratkaista graafisesti tai algebran keinoin tai yhdistelemällä näitä molempia. Koska retken tarkkaa kokonaispituutta ei tiedetä, mukaan tulee myös *epävarmuuden* yhdistävä idea, jota käsitellään jäljempänä.



Seuraavassa tehtävä on esitetty graafisesti.

Kaavio 3.6 ■ Kolmen bussiyhtiön retkiveloitukset



Seuraavassa on toinen muutokseen ja suhteisiin liittyvä esimerkki.

Matematiikan esimerkkitehtävä 6: SOLUJEN KASVU

Lääkärit seuraavat soluviljelmän kasvua. Heitä kiinnostaa erityisesti, minä päivänä solujen lukumäärä lisääntyy 60 000:een, koska silloin heidän on aloitettava tietty koe. Kasvutaulukko on seuraavanlainen:

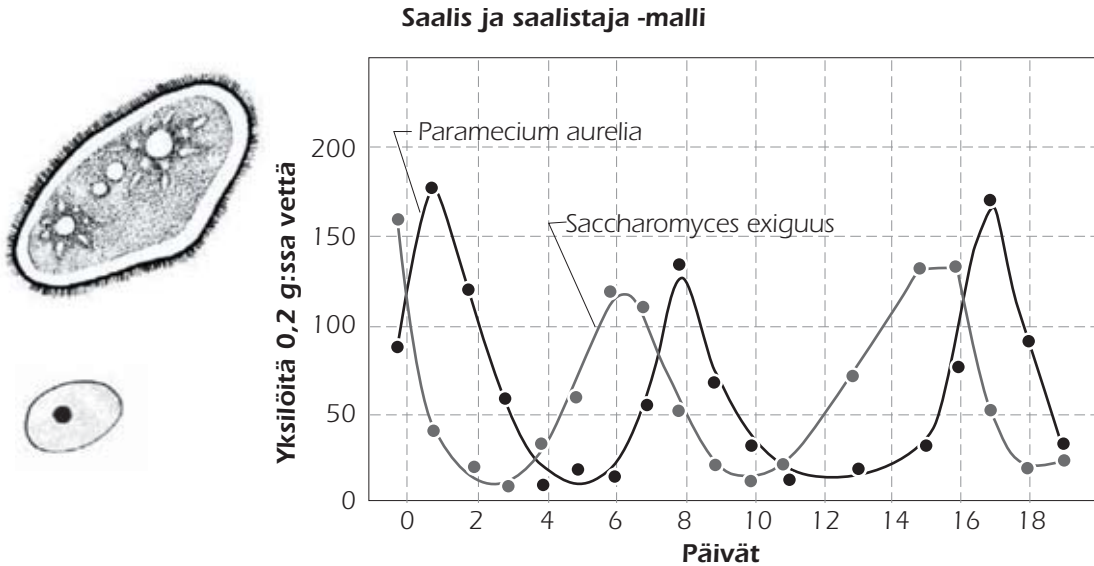
Aika (päiviä)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Soluja	597	893	1 339	1 995	2 976	2 976	14 719	21 956	32 763

Tehtävä 1: SOLUJEN KASVU

Milloin solujen lukumäärä lisääntyy 60 000:een?

Matematiikan esimerkkitehtävä 7: SAALIS JA SAALISTAJA

Oheiset käyrät kuvaavat kahden eliön – Paramecium ja Saccharomyces – kasvua.



Tehtävä 1: SAALIS JA SAALISTAJA

Toinen näistä eläimistä (saalistaja) syö toista (saalis). Tarkastele käyriä ja koeta päätellä, kumpi on saalistaja ja kumpi saalis.

Yksi saalis-saalistaja-ilmion ominaispiirteistä kuuluu seuraavasti: Saalistajien kasvuvauhti riippuu saatavilla olevan saaliin määrästä. Voiko oheisista käyristä nähdä tämän piirteen?

Määrä

Määrään liittyy seuraavia olennaisia ulottuvuuksia: kokosuhteiden ymmärtäminen, numeeristen säännönmukaisuuksien tunnistaminen sekä numeroiden käyttö kuvaamaan todellisen maailman kohteiden määriä ja määrällisiä ominaisuuksia (laskeminen ja mittaaminen). Lisäksi määriä koskevassa matematiikassa tarkastellaan sitä, miten käsitellään ja ymmärretään lukuja, jotka voidaan esittää eri tavoilla.

Määriä käsiteltäessä tärkeää on päättely. Määrällisen päättelyn olennaisia osia ovat lukujen hahmottaminen, lukujen esittäminen eri tavoin, laskutoimitusten merkityksen oivaltaminen, lukujen suuruusluokan tajuaminen, matemaattisesti tyylikkäävät laskutoimitukset, päässä lasku ja likiarvojen arviointi.

Arkielämässä tärkeimpiä mitattavia suureita ovat pituus, pinta-ala, tilavuus, korkeus, nopeus, massa, ilmanpaine ja rahan arvo, jotka esitetään määrällisten mittayksiköiden avulla.

Määriä mitattaessa ja käsiteltäessä tarvitaan määrällistä ajattelutapaa. Siihen sisältyvät:

- Lukujen hahmottaminen
- Laskutoimitusten merkityksen oivaltaminen
- Lukujen suuruusluokan tajuaminen



- Sieventävät laskutoimitukset
- Päässä-lasku
- Likiarvojen arvioiminen

”Laskutoimitusten merkityksen oivaltamiseen” sisältyy kyky tehdä laskutoimituksia, joihin liittyy vertailuja, suhteita ja prosenttiosuuksia. Lukujen hahmottamiseen liittyvät esimerkiksi kokosuhteet, lukujen erilaiset esitystavat, lukujen toisiaan vastaavat muodot sekä tällaisen ymmärryksen soveltaminen arkielämän asioissa.

Matematiikan määrällisen ulottuvuuden osaamiseen sisältyy myös tavallisten määrien ja likiarvojen tuntemus. Arvioitaessa numeroina saatujen tulosten järjestyttä tarvitaan yleissivistystä empiirisen maailman erilaisista tunnusluvuista. Onko henkilöauton keskinopeus 5, 50 vai 500 km tunnissa? Onko maailman väkiluku 6 miljoonaa, 600 miljoonaa, 6 miljardia vai 60 miljardia? Kuinka korkea on torni? Kuinka leveä on joki? Kyky arvioida nopeasti likimääräisiä suuruusluokkia on tärkeä taito, etenkin laskimien käytön yleistyttyä. On kyettävä tajuamaan, että 33×613 on suunnilleen 20 000. Tämä taito ei vaadi laajaa harjoitusta perinteisessä päässä-laskussa. Se edellyttää kuitenkin suuruusluokkien ymmärtämistä sekä joustavia ja oivaltavia peruslaskutoimituksia yksinumeroisilla luvuilla (Fey, 1990).

Numerotajuun soveltamalla oppilaat voivat ratkoa monenlaisia asioita. He voivat tarkastella erilaisia lukujen ja osuuksien välisiä suhteita ja kykenevät arvioimaan erilaisten muutosten välisiä riippuvuuksia. He kykenevät valikoimaan tarvittavia tietoja ja niihin liittyviä luottamusvälejä käyttämässään laskutoimituksissa. He voivat tutkia vaihtoehtoisia laskutapoja ja niistä tehtäviä johtopäätöksiä sekä luoda malleja ja käyttää empiirisiä tietoja niiden tarkastelussa (Dossey, 1997).

Määrän yhdistävään ideaan sisältyy määrällinen päättely, josta on seuraavassa K. F. Gaussin tyylikäs esimerkki. 15-vuotiaiden oppilaiden koulutuksessa tulisi arvostaa luovuutta käsitteellisen ymmärtämisen ohella.

Määrään liittyviä esimerkkejä

Matematiikan esimerkkitehtävä 8: GAUSS

Karl Friedrich Gaussin (1777–1855) opettaja oli pyytänyt luokkaa laskemaan yhteen kaikki luvut 1–100. Todennäköisesti opettaja halusi, että luokka viihtyisi jonkin aikaa tämän tehtävän parissa. Gaussilla oli kuitenkin erinomainen lukuihin liittyvä päättelykyky, ja hän huomasi, miten ratkaisuun pääsee oikotietä. Hän päätteli seuraavasti:

Yhteenlasku kirjoitetaan paperille kahdesti, ensin pienimmästä luvusta suurimpaan, sitten suurimmasta luvusta pienimpään, tällä tavoin:

$$1 + 2 + 3 + \dots + 98 + 99 + 100$$

$$100 + 99 + 98 + \dots + 3 + 2 + 1$$

Sen jälkeen rivit lasketaan yhteen sarake sarakeelta, jolloin saadaan:

$$101 + 101 + \dots + 101 + 101$$

Koska summaan sisältyy luku 101 täsmälleen 100 kertaa, lopputulos on $100 \times 101 = 10\,100$.

Koska summa on kysyttyyn summaan verrattuna kaksinkertainen, se tulee jakaa kahdella, jolloin vastaus on 5 050.

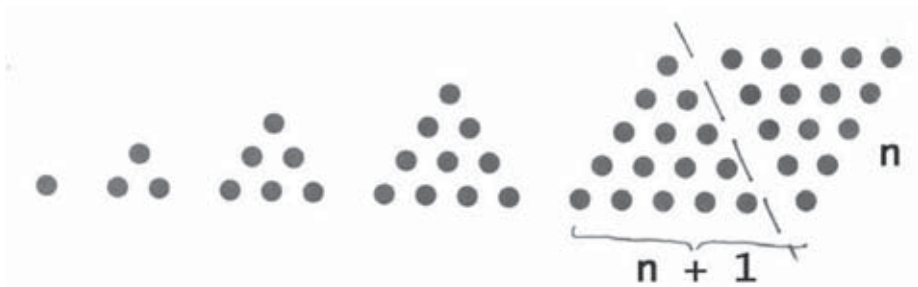
Kolmioluvut

Lukuihin liittyviä säännönmukaisuuksia hyödyntävä päättely voidaan viedä hieman pidemmälle, jolloin nähdään, miten säännönmukaisuus voidaan esittää geometrisesti. Esimerkkinä on seuraava kaava, joka kuvaa Gaussin tehtävän yleisellä tasolla:

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = n(n + 1)/2$$

Tämä kaava kuvaa myös tunnetun geometrisen säännönmukaisuuden. Muotoa $n(n + 1)/2$ olevia lukuja kutsutaan kolmioluvuiksi, koska täsmälleen tällaisia lukuja saadaan järjestämällä palloja tasavivuseksi kolmioksi. Ensimmäiset viisi kolmiolukua 1, 3, 6, 10 ja 15 esitetään kaaviossa 3.7.

Kaavio 3.7 ■ Ensimmäiset viisi kolmiolukua



Suhdelaskento

On kiinnostavaa nähdä, miten eri maiden oppilaat ratkaisevat ongelmia, joihin voidaan soveltaa useita eri ratkaisutapoja. Eroja on odotettavissa erityisesti verrantoajattelun alueella. Joissakin maissa tietty tehtävä todennäköisesti ratkaistaan pääasiassa yhdellä strategialla, mutta toisissa ratkaisuvaihtoehtoja on laajempi. Samankaltaisella päättelyllä pyritään ratkaisemaan sellaisiakin tehtäviä, jotka eivät vaikuta kovin samankaltaisilta. Tämä vastaa äskettäisen TIMSS-tutkimuksen tuloksia (Mitchell J. ym., 2000). Seuraavat kolme tehtävää havainnollistavat erilaisten ratkaisukeinojen käyttöä ja niiden välisiä yhteyksiä:

1. Järjestät tänään juhlat. Haluat ostaa 100 tölkkiä virvoitusjuomaa. Montako 6 tölkin pakkausta ostat?
2. Riippuliidin, jonka liitosuhde on 1:22, lähtee lentoon 120 metrin korkuiselta jyrkänteeltä. Liittäjä tähtää 1 400 metrin päässä olevaan kohteeseen. Pääseekö hän sinne (jos ei tuule lainkaan)?
3. Koulun 98 oppilasta ovat lähdessä leirikouluun. Kuljetusta varten on tarkoitus vuokrata pikkubusseja, joihin mahtuu 8 matkustajaa kuhunkin. Montako pikkubussia tarvitaan?

Ensimmäinen tehtävä on ratkaistavissa jakolaskulla ($100/6 =$), jonka tulos oppilaan on vielä tulkittava todellisessa käyttöympäristössä. (Mitä jakojäännös tässä tapauksessa tarkoittaa?) Toinen tehtävä voidaan ratkaista verrantoajattelulla. Jokaista korkeusmetriä kohden voi lentää 22 metriä, eli jos lähtökorkeus on 120 metriä... Kolmannen tehtävän monet ratkaisevat jakolaskun avulla. Kaikki kolme tehtävää voidaan kuitenkin ratkaista suhdetaulukkomenetelmällä:



Tölkit :	1	10	5	15	2	17
	6	60	30	90	12	102
Lentomatka:	1	100	20	120		
	22	2200	440	2640		
Bussit :	1	10	2	13		
	8	80	16	104		

Tämän yhtäläisyyden havaitseminen on taito, joka sisältyy *matemaattiseen osaamiseen*. Matematiikkaa osaavien oppilaiden ei tarvitse etsiä jotakin tiettyä ratkaisuvälinettä tai algoritmia, vaan heillä on käytössään laaja keinovalikoima.

Matematiikan esimerkkitehtävä 9: PROSENTTILUVUT

Carl meni kauppaan ostamaan takkia, jonka normaalihinta oli 50 zediä ja jonka hintaa oli alennettu 20 %. Zedlannissa on voimassa 5 %:n myyntivero. Myyjä lisäsi ensin takin hintaan 5 %:n myyntiveron ja vähensi näin saadusta hinnasta 20 %. Carl väitti vastaan: hän halusi, että myyjä vähentää ensin 20 %:n alennuksen ja laskee vasta sen jälkeen 5 %:n veron.

Tehtävä 1: PROSENTTILUVUT

Onko järjestyksellä väliä?

Ostoksilla kohtaa usein tällaisia ongelmia, joissa tarvitaan määrällistä ajattelua ja siihen liittyvää päässälaskua. Kyky käsitellä tehokkaasti tällaisia ongelmia on perustavanlaatuisia matemaattista osaamista.

Epävarmuus

Luonnontieteissä ja teknologiassa käsitellään harvoin täysin varmoja asioita. Itse asiassa luonnontieteellinen tieto on tuskin koskaan täysin ehdotonta, toisinaan jopa virheellistä, joten kaikkein tieteellisimpiinkin ennusteisiin sisältyy aina epävarmuutta. Näinhän on arkielämässäkkin: vaalitulokset ovat epävarmoja, sillat sortuvat, osakekurssit romahtavat, sääennusteet pettävät, väestönkasvuennusteet erehtyvät ja taloutta koskevat mallit eivät toteudu.

Matemaattisen sisällön neljäs yhdistävä idea *epävarmuus* viittaa kahteen läheisesti toisiinsa liittyvään asiaan: empiiriseen aineistoon ja satunnaisuuteen. Edellistä tutkitaan tilastotieteessä ja jälkimmäistä todennäköisyyslaskennassa. Nykyisissä opetussuunnitelmia koskeissa suosituksissa vallitsee yksimielisyyttä siitä, että tilastotiedettä ja todennäköisyyslaskentaa tulisi käsitellä entistä enemmän (Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools, 1982; LOGSE, 1990; MSEB, 1990; NCTM, 1989; NCTM, 2000). Tämän alan tärkeitä matemaattisia käsitteitä ja menetelmiä ovat tiedonkeruu, tiedon analysointi, esittäminen ja havainnollistaminen, todennäköisyys sekä tilastollinen päättely.

Suosituksissa, jotka koskevat empiirisen aineiston, tilastotieteen ja todennäköisyyslaskennan osuutta opetussuunnitelmissa, korostetaan empiirisen aineiston analysointia. Näin erityisesti tilastotiedettä on helppo tarkastella kokoelmana erityistaitoja. David S. Moore on kuvannut, mistä *epävarmuuden* yhdistävässä ideassa itse asiassa on kysymys. PISA:n määritelmä perustuu hänen ajatuksilleen teoksessa *On the Shoulders of Giants* (Steen, 1990) sekä F. James Rutherfordin ajatuksille teoksessa *Why Numbers Count* (Steen, 1997).

Tilastotiede tuo matematiikan opetukseen jotakin ainutlaatuista ja tärkeää: epävarmaan empiiriseen aineistoon perustuvan päättelyn. Tällaisen tilastotieteellisen ajattelun tulisi sisältyä jokaisen ajattelevan kansalaisen taitoihin. Sen perusteet ovat:

- Vaihtelua esiintyy kaikissa tapahtumasarjoissa.
- Tapahtumasarjoista tarvitaan tietoa.
- Tiedon hankinta on suunniteltava niin, että vaihtelu otetaan huomioon.
- Vaihtelu on kuvattava numeroilla.
- Vaihtelu on selitettävä.

Empiirinen aineisto ei ole pelkkiä lukuja, vaan juuri tiettyyn käyttöympäristöön liittyviä lukuja. Aineisto saadaan mittaamalla ja se esitetään lukuina. Mittaamisen pohdinta auttaa ymmärtämään selkeämmin, miksi tietyt luvut sisältävät tietoa ja toiset ovat tarpeettomia tai järjettömiä.

Eräs tilastotieteen keskeisiä aiheita on tutkimusotosten suunnittelu. Empiiristä aineistoa analysoitaessa korostetaan sitä, että otoksella saatu aineisto edustaa aina jotain laajempaa kokonaisuutta, populaatiota. 15-vuotiaiden oppilaiden olisi tunnettava ainakin satunnaisotannon käsite, jotta he ymmärtäisivät epävarmuuteen liittyviä ongelmia.

Ilmiöt esiintyvät tavallisesti yksilöllisesti ja usein niiden toistuvuus on muodoltaan satunnaista. Vuoden 2006 PISA-tutkimuksessa todennäköisyyden käsitettä käytetään tilanteissa, joissa on jokin arvontaväline, esimerkiksi kolikko, arpakuutio tai onnenpyörä. Tehtävissä voi olla myös jokin melko yksinkertainen tosielämän tilanne, jota voi eritellä intuitiivisesti tai mallintaa arvontavälineillä.

Epävarmuus sisältyy myös luontaiseen vaihteluun sellaisissa asioissa kuin vaikkapa oppilaiden pituudet, koetulokset tai tietyn väestöryhmän ansiotaso. 15-vuotiaiden oppilaidenkin on tärkeää käsittää, että empiirisen aineiston ja todennäköisyyksien tutkiminen on yhtenäinen kokonaisuus. Eräs tähän liittyvä periaate on ideoiden kehittyminen yksinkertaisesta aineistoanalyysistä aineiston tuottamiseen, todennäköisyyksien laskemiseen ja sitä kautta tilastolliseen päättelyyn.

Epävarmuutta koskevia tärkeitä matemaattisia käsitteitä ja toimintoja ovat:

- Aineiston tuottaminen
- Aineiston erittely ja sen esittäminen tai havainnollistaminen
- Todennäköisyys
- Tilastollinen päättely

Epävarmuuteen liittyviä esimerkkejä

Seuraavat esimerkit havainnollistavat epävarmuuden yhdistävää ideaa:

Matematiikan esimerkkitehtävä 10: KESKIMÄÄRÄINEN IKÄ

TEHTÄVÄ 1: KESKIMÄÄRÄINEN IKÄ

Jos jonkin maan väestöstä 40 % on vähintään 60-vuotiaita, voiko väestön keskimääräinen ikä olla 30?



Matematiikan esimerkkitehtävä 11: KASVAVATKO TULOT?

Tehtävä 1: KASVAVATKO TULOT?

Onko Zedlannin väestön tulotaso noussut vai laskenut viime vuosikymmeninä? Kotitalouksien keskimääräiset tulot vähenivät: vuonna 1970 ne olivat 34 200 zediä, vuonna 1980 ne olivat 30 500 zediä ja vuonna 1990 taas 31 200 zediä. Henkilökohtaiset tulot sen sijaan kasvoivat: vuonna 1970 ne olivat 13 500 zediä, vuonna 1980 taas 13 850 ja vuonna 1990 vuorostaan 15 777 zediä.

Kotitaloudella tarkoitetaan samassa osoitteessa yhdessä asuvia ihmisiä. Selitä, miten on mahdollista, että Zedlannissa kotitalouksien tulot ovat voineet vähentyä samaan aikaan kun henkilökohtaiset tulot ovat kasvaneet.

Matematiikan esimerkkitehtävä 12: RIKOLLISUUDEN LISÄÄNTYMINEN

Oheinen kaavio on lainattu viikoittain ilmestyvästä Zedlannin uutislehdestä.

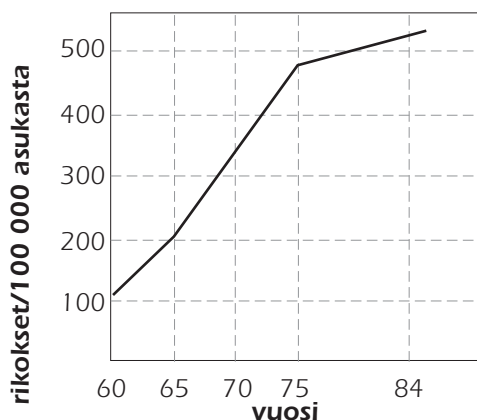
Kaavio osoittaa ilmoitettujen väkivaltarikosten lukumäärän 100 000:ta asukasta kohti ensin viiden vuoden välein ja lopussa vuoden välein.



Tehtävä 1: RIKOLLISUUDEN LISÄÄNTYMINEN

Montako väkivaltarikosta 100 000:ta asukasta kohden on ilmoitettu vuonna 1960?

Hälytysjärjestelmien valmistajat ovat laatineet saman tiedon perusteella seuraavan kuvaajan:



**Rikollisuus
moninkertaistuu
PYSÄYTÄ
kasvu**

▪ **OSTA HÄLYTYS-
JÄRJESTELMÄ** ▪

Tehtävä 2: RIKOLLISUUDEN LISÄÄNTYMINEN

Miten tähän kuvaajaan on päädytty ja miksi?

Poliisi ei ilahtunut hälytysjärjestelmien valmistajien käyräkuvaajasta, koska poliisi pyrkii osoittamaan, miten onnistuneesti rikollisuutta vastaan on taisteltu.

Suunnittele kuvaaja, jolla poliisi voisi osoittaa, että rikollisuus on viime aikoina vähentynyt.

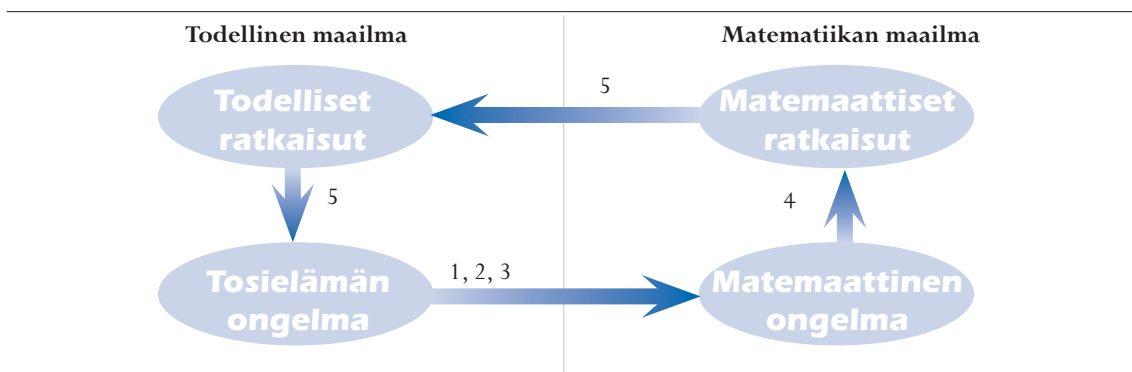
MATEMAATTISET MENETELMÄT

Matematisointi

PISA-ohjelmassa tutkitaan oppilaiden taitoa eritellä, päätellä ja viestiä tehokkaasti matemaattisia ideoita heidän asettaessaan, muotoillessaan, ratkoessaan ja tulkitessaan matemaattisia ongelmia eri tilanteissa. Tällaiseen ongelmanratkaisuun oppilaat tarvitsevat koulussa ja muussa elämässä hankkimiaan taitoja ja kykyjä. Perusmenetelmää, jonka avulla oppilaat ratkovat tosielämän ongelmia, kutsutaan PISA-tutkimuksessa matematisoinniksi.

Luvun alussa käsiteltiin PISA-tutkimuksen matematiikkaosion teoreettista viitekehystä, ja kuvattiin matematisoinnin viittä vaihetta. Nämä vaiheet havainnollistetaan kaaviossa 3.8, jonka jälkeen niiden sisältö esitetään tiivistetysti luetteloina.

Kaavio 3.8 ■ Matematisoinnin kehä



- Aloitetaan todellisen elämän ongelmasta.
- Jäsennetään se matemaattisin käsittein ja selvitetään, millaista matematiikkaa tarvitaan.
- Vaihe vaiheelta etäännyttään empiirisistä asioista laatimalla oletuksia, yleistämällä ja muuntamalla matemaattisen kaavan muotoon. Näin tilanteen matemaattiset piirteet korostuvat ja tosielämän ongelma muuntuu matemaattisesti ratkaistavaksi ongelmaksi.
- Ratkaistaan matemaattinen ongelma.
- Tarkastellaan matemaattista ratkaisua suhteessa todellisen elämän ongelmaan ja pohditaan ratkaisun onnistuneisuutta.

Matematisoinnissa on ensiksi muunnettava todellisen elämän ongelma matemaattiseksi. Tähän vaiheeseen sisältyy seuraavia toimintoja:



- Selvitetään, millaista matematiikkaa kyseisen ongelman ratkaisemisessa kannattaa käyttää.
- Kuvataan ongelma toisin jäsentämällä se matemaattisin käsittein ja muotoilemalla tarvittavia oletuksia.
- Ymmärretään tosielämän ongelmaa kuvaavan kielen ja sitä vastaavan matemaattisen kielen suhteet.
- Etsitään säännönmukaisuuksia, riippuvuussuhteita ja rakenteita.
- Tunnistetaan yhtäläisyydet aiempiin samankaltaisiin ongelmiin.
- Muunnetaan ongelma matemaattiseksi eli matemaattiseksi malliksi (de Lange, 1987).

Kun oppilas on muuntanut ongelman matemaattiseen muotoon, voidaan ongelmanratkaisua jatkaa kokonaan matematiikan keinoin. Oppilaat kysyvät mm.: ”Esiintyykö tässä..?”, ”Jos, niin kuinka monta?”, ”Miten saan selville..?”. He käyttävät tuntemiaan matemaattisia taitoja ja käsitteitä. He muokkaavat ongelmatilanteesta luomaansa mallia, korjaavat sitä, etsivät säännönmukaisuuksia, havaitsevat yhteyksiä ja luovat hyvän matemaattisen väittämän. Tätä matematisoinnin vaihetta kutsutaan yleensä mallintamisen deduktiiviseksi osaksi (Blum, 1996; Schupp, 1988). Tässä vaiheessa saatetaan kuitenkin tarvita muutakin kuin vain deduktiivista päättelyä. Tämä matematisoinnin vaihe sisältää seuraavia toimintoja:

- Käytetään ja vertaillaan erilaisia ongelman esitystapoja.
- Käytetään matemaattisia symboleja, kaavoja ja tekniikoita sekä niihin liittyviä laskutoimituksia.
- Tarkennetaan ja muokataan matemaattisia malleja, yhdistetään ja jäsennetään niitä.
- Luodaan perusteluketju.
- Yleistetään.

Ongelmanratkaisun loppupuolella arvioidaan matematisointiprosessia ja sen tuloksia. Oppilaiden on kyettävä olemaan kriittisiä ja perustelemaan käyttämänsä menetelmät. Pohdinta on toki tärkeää kaikissa vaiheissa, mutta etenkin päätösvaiheessa. Pohdintavaihe sisältää seuraavia asioita:

- Ymmärretään matemaattisten käsitteiden käyttökohteet ja rajoitukset.
- Arvioidaan matemaattiset väiteketjut sekä selitetään ja perustellaan saatuja tuloksia.
- Viestitään muille eri vaiheet ja lopputulos.
- Arvioidaan matemaattista mallia ja sen rajoituksia.

Tämä vaihe on merkitty kaaviossa 3.8 kahteen kohtaan numerolla 5. Ensimmäisessä kohdassa matematisointi etenee matemaattisesta ratkaisusta tosielämää koskevaan ratkaisuun, ja toisessa tätä ratkaisua verrataan alkuperäiseen todellisen maailman ongelmaan.

Matemaattiset taidot

Edellä tarkasteltiin tärkeimpiä matematisoinnin käsitteitä ja vaiheita. Jotta matematisointi onnistuisi erilaisissa matemaattisissa ja ei-matemaattisissa käyttötilanteissa ja matemaattisten perusideoiden erittelyssä, on hallittava useita taitoja, jotka yhdessä muodostavat kattavan matemaattisen pätevyyden. Kunkin taidon voi hallita eritasoisesti. Matematisoinnin eri vaiheissa tarvittavat taidot vaihtelevat, joko tyyppiltään tai tasoltaan. PISA-tutkimuksessa on päätetty käyttää taitojen määrittelyssä ja tarkastelussa kahdeksan tyyppillisen matemaattisen taidon jäsennyttä, joka perustuu Nissin (1999) ja

hänen tanskalaisten kollegojensa työhön. Vastaavia jäsennyksiä on löydettävissä monien muidenkin töistä, kuten on esitetty teoksessa Neubrand ym. (2001), mutta eri kirjoittajat käyttävät tiettyjä termejä eri merkityksissä.

- *Ajattelu- ja päättelytaito*: Osataan esittää tyypillisiä matemaattisia kysymyksiä ("Esiintyykö tässä...?", "Jos esiintyy, montako?", "Miten saan selville...?"). Lisäksi tiedetään, millaisia vastauksia matematiikka antaa näihin kysymyksiin, osataan erottaa erilaiset väitteet (määritelmät, teoreemat, oletukset, hypoteesit, esimerkit, ehdolliset väitteet) sekä ymmärretään kulloinkin kyseessä olevien matemaattisten käsitteiden kattavuus ja rajoitukset.
- *Todistelutaito*: Tiedetään, millaisia matemaattiset todistelut ovat ja miten ne eroavat muunlaisesta matemaattisesta päättelystä. Lisäksi kyetään seuraamaan ja arvioimaan erilaisia matemaattisia todisteluketjuja, ymmärretään heuristiikkaa ("Mitä voi tai ei voi tapahtua ja miksi?") ja osataan muotoilla ja ilmaista matemaattisia väittämiä.
- *Viestintätaito*: Osataan ilmaista matematiikkaa koskevia asioita eri tavoin niin suullisesti kuin kirjallisestikin ja ymmärretään muiden vastaavia suullisia ja kirjallisia viestejä.
- *Mallintamistaito*: Osataan jäsentää mallinnettava alue tai tilanne, muuntaa todellisuutta matemaattiseksi rakenteiksi, tulkita matemaattisia malleja suhteessa todellisuuteen, käsitellä matemaattista mallia, varmentaa se, pohtia, eritellä ja kritisoida mallia ja sen tuloksia, kertoa mallista ja sen tuloksista (mukaan lukien tulosten rajoituksista) sekä seurata ja säädellä mallintamisprosessia.
- *Ongelmanasettelu- ja ratkaisutaito*: Kyetään asettamaan, muotoilemaan ja määrittelemään erilaisia – esim. "puhtaita", "sovellettuja", "avoimia" ja "suljettuja" – matemaattisia ongelmia sekä ratkaisemaan niitä eri tavoin.
- *Esitystaito*: Ymmärretään ja osataan laatia, muuntaa, tulkita ja erottaa toisistaan matemaattisten objektien ja tilanteiden erilaisia esitystapoja sekä ymmärretään esitystapojen keskinäiset suhteet. Kyetään valitsemaan esitystapoja ja vaihtamaan niitä tilanteen ja käyttötarkoituksen mukaan.
- *Matemaattisen merkki-, kaava- ja menetelmäkielen sekä laskutoimitusten käyttötaito*: Ymmärretään ja tulkitaan matemaattisia merkkejä ja kaavoja, ja ymmärretään niiden suhde luonnolliseen kieleen. Osataan kääntää luonnollista kieltä matemaattiseksi merkeiksi ja kaavoiksi sekä käsitellä niitä sisältäviä väitteitä ja ilmauksia. Niin ikään osataan käyttää muuttujia, ratkaista yhtälöitä ja suorittaa laskutoimituksia.
- *Apu- ja työvälineiden käyttötaito*: Tunnetaan erilaiset matemaattiset apu- ja työvälineet (myös tietotekniset välineet) ja osataan hyödyntää niitä matemaattisessa toiminnassa niiden rajoitukset tuntien.

PISA-kokeessa ei tutkita mainittuja taitoja yksitellen. Ne ovat keskenään päällekkäisiä, ja matematiikassa on yleensä käytettävä monia taitoja samanaikaisesti. Yksittäisiä taitoja arvioitaessa päädyttäisiin todennäköisesti tehtävien teennäisyyteen ja matemaattisen osaamisen aihepiirin turhaan lokeroimiseen. Oppilaiden taidoissa on suurta yksilöllistä vaihtelua, mikä johtuu osittain siitä, että kaikki oppiminen tapahtuu kokemuksina: "yksilöllinen tieto rakentuu vuorovaikutus-, neuvottelu- ja yhteistyöprosesseissa" (de Corte, Greer ja Verschaffel, 1996). PISA-tutkimuksessa otaksutaan, että oppilaat ovat hankkineet matematiikan taitonsa pääosin koulussa. Tiettyä sisältöaluetta opitaan ymmärtämään vähitellen. Muodollisemmat ja abstraktimmat esitys- ja päättelytavat kehittyvät ajan mittaan, kun oppilaalle kertyy kokemusta matematisoinnista todellisen elämän eri alueilla. Matemaattista osaamista kartuttavat myös vuorovaikutuskokemukset erilaisissa sosiaalisissa tilanteissa ja käyttöympäristöissä.



Jotta oppilaiden kykyjä, vahvuuksia ja heikkouksia voitaisiin kuvata ja raportoida kansainvälisesti katsottuna hedelmällisellä tavalla, tarvitaan jäsentelyä. Ymmärrettävä ja käyttökelpoinen jäsentelytapa on taitokokonaisuuksien kuvailu. Nämä kokonaisuudet perustuvat erilaisten matemaattisten ongelmien ratkomisessa tarvittaviin kognitiivisiin taitoihin.

TAITOKOKONAIUUDET

PISA-ohjelmassa on päätetty kuvata matemaattisiin taitoihin sisältyviä kognitiivisia toimintoja kolmella *taitokokonaisuudella*, jotka ovat *opitun toistaminen*, *opitun yhdistely* ja *opitun soveltaminen*. Seuraavaksi niitä kuvaillaan tarkemmin. Lisäksi tarkastellaan, miten yksittäiset taidot ilmenevät kussakin taitokokonaisuudessa.

Opitun toistaminen

Tämän kokonaisuuden taidoissa on enimmäkseen kyse harjoitellun tiedon osaamisesta ja käyttämisestä. Juuri näitä taitoja vakiintuneissa arvioinneissa ja koulun kokeissa yleensä testataan. Kyseisiä taitoja ovat perusasioiden ja tavallisten ongelmanasettelujen tietämys, vastaavuuksien tunnistaminen, tuttujen matemaattisten objektien ja ominaisuuksien muistaminen, rutiinimenetelmien käyttö, vakioratkaisumenetelmien ja vakiintuneiden teknisten taitojen soveltaminen, vakio- tai muotoisia symboleja ja kaavoja sisältävien ilmausten käsittely sekä laskutoimitusten suorittaminen.

- *Ajattelu- ja päättelytaito*: Osataan esittää tavallisimpia peruskysymyksiä ("Kuinka monta...?", "Paljonko on...?") ja ymmärretään niiden edellyttämät vastaukset ("niin ja niin monta...", "näin ja näin paljon..."). Lisäksi osataan erottaa määritelmät väittämistä sekä ymmärretään ja osataan käyttää matemaattisia käsitteitä samantapaisissa käyttöympäristöissä kuin missä ne alun perin esiteltiin tai missä niitä on harjoiteltu.
- *Todistelutaito*: Kyetään seuraamaan ja perustelemaan vakio- tai muotoisia määrällisiä päättelyketjuja, kuten laskutoimituksia, väitteitä ja päätelmiä.
- *Viestintätaito*: Ymmärretään ja osataan ilmaista suullisesti ja kirjallisesti yksinkertaiset matemaattiset asiat, kuten tutut objektien nimet ja perusominaisuudet, laskutoimitukset ja niiden tulokset, yleensä vain yhdellä tavalla.
- *Mallinnustaito*: Osataan tunnistaa, muistaa, ottaa käyttöön ja hyödyntää jäsenneltyjä, tuttuja malleja sekä kyetään tekemään kahdensuuntaisia tulkintoja mallien (ja niillä saatujen tulosten) ja todellisuuden suhteesta. Kyetään perustasoisesti ilmaisemaan mallien tulokset.
- *Ongelmanasettelu- ja ratkaisutaito*: Osataan asettaa ja muotoilla ongelma tunnistamalla ja jäljittelemällä aiemmin harjoiteltuja, puhtaita ja sovellettuja, muodoltaan suljettuja vakio-ongelmia. Kyetään ratkaisemaan tällaisia ongelmia käyttämällä vakio- tai muotoisia menetelmiä ja -menettelyjä, yleensä vain yhdellä tavalla.
- *Esitystaito*: Ymmärretään ja osataan tulkita tuttuja, harjoiteltuja vakioesityksiä tunnetuista matemaattisista objekteista. Kyetään vaihtamaan esitystapaa silloin, kun vaihtaminen on vakiintunut osaksi kyseistä esitystapaa.

- *Matemaattisen merkki-, kaava- ja menetelmäkielen sekä laskutoimitusten käyttötaito:* Ymmärretään ja osataan tulkita perustasoisia, tavanomaisia merkkejä ja kaavoja tunnetuissa yhteyksissä ja tilanteissa. Osataan käsitellä väitteitä ja ilmauksia, jotka sisältävät yksinkertaisia symboleja ja kaavoja. Kyetään esimerkiksi käyttämään muuttujia, ratkaisemaan yhtälöitä ja tekemään tavanomaisia laskutoimituksia.
- *Apu- ja työvälineiden käyttö:* Tunnetaan ja osataan käyttää tuttuja apu- ja työvälineitä vastaavissa käyttöympäristöissä ja tilanteissa kuin missä niihin tutustuttiin, ja vastaavilla tavoilla kuin millä niitä harjoiteltiin.

Opitun toistamista mittaavissa tehtävissä arvioidaan yleensä harjoitellun aineiston tietämystä ja käyttämistä sekä rutiinilaskutoimitusten hallintaa.

Esimerkkejä opitun toistamista edellyttävistä tehtävistä

Matematiikan esimerkkitehtävä 13

Ratkaise yhtälö $n \cdot 7x - 3 = 13x + 15$

Matematiikan esimerkkitehtävä 14

Mikä on lukujen 7, 12, 8, 14, 15 ja 9 keskiarvo?

Matematiikan esimerkkitehtävä 15

1000 zedä talletetaan säästötillille, jonka korko on 4 %. Kuinka monta zedä tilillä on vuoden kuluttua?

Matematiikan esimerkkitehtävä 16

Pikajuoksussa "reaktioaika" on aika, joka kuluu lähtölaukauksen ampumisesta siihen, että urheilija lähtee lähtötelineistä. "Loppuaika" sisältää sekä reaktioajan että juoksuajan.

Seuraavassa taulukossa näytetään 8 juoksijan reaktio- ja loppuajat 100 metrin juoksussa.



Rata	Reaktioaika (s)	Loppuaika (s)
1	0,147	10,09
2	0,136	9,99
3	0,197	9,87
4	0,180	Keskeytti
5	0,210	10,17
6	0,216	10,04
7	0,174	10,08
8	0,193	10,13

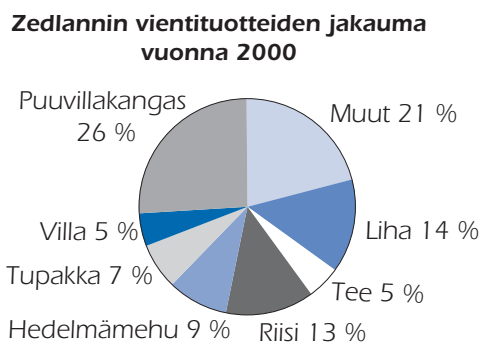
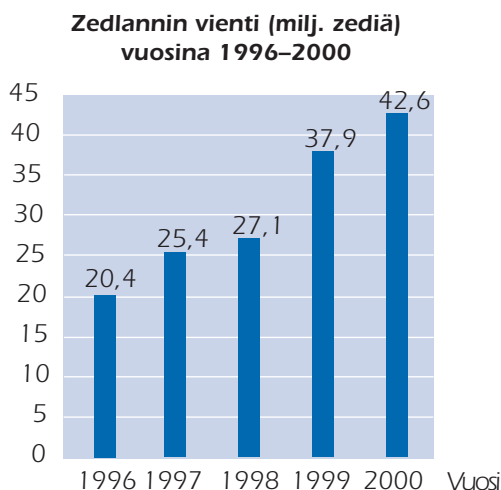
**Tehtävä 1:**

Selvitä, ketkä saivat kulta-, hopea- ja pronssimitalin tässä kilpailussa. Täydennä seuraavaan taulukkoon mitalin voittaneiden juoksijoiden radan numero, reaktioaika ja loppuaika:

Mitali	Rata	Reaktioaika (s)	Loppuaika (s)
KULTA			
HOPEA			
PRONSSI			

Matematiikan esimerkkitehtävä 17

Kaaviossa esitetään tietoa Zedlannin viennistä. Zedlannin valtion käyttämä valuutta on zed.

**Tehtävä 1:**

Mikä oli hedelmämehun viennin arvo Zedlannissa vuonna 2000?

- A. 1,8 miljoonaa zediä.
- B. 2,3 miljoonaa zediä.
- C. 2,4 miljoonaa zediä.
- D. 3,4 miljoonaa zediä.
- E. 3,8 miljoonaa zediä.

Jotta *opitun toistamista* mittaavien tehtävien luonne tulisi selvemmäksi, todettakoon, että esimerkki-tehtävässä 3 (s. 79) esitetty *SÄÄSTÖTILI*-tehtävä ei kuulu *opitun toistamisen* taitokokonaisuuteen. Tämä tehtävä on useimmille oppilaille muutakin kuin yksinkertaisen rutiiniprosessin soveltamista, koska siinä edellytetään päättelyketjua ja peräkkäisiä laskutoimituksia. Ne eivät ole *opitun toistamisen* taitokokonaisuudelle ominaisia.

Opitun yhdistely

Taitokokonaisuutena *opitun yhdistely* perustuu opitun toistamisen taitoihin siten, että ongelmanratkaisutaidot ulottuvat erikoisempiinkin tilanteisiin, tosin edelleen tutuissa tai melko tutuissa yhteyksissä. Tämän kokonaisuuden taidot ovat seuraavia:

- *Ajattelu- ja päättelytaito*: Osataan esittää kysymyksiä ("Miten saan selville...?", "Mitä matematiikkaa tarvitaan...?") ja ymmärretään niiden edellyttämät vastaukset (jotka ovat löydettävissä taulukoiden, kaavioiden, algebran, kuvioiden tms. avulla). Kyetään erottamaan määritelmät perusväitteistä sekä erityyppiset perusväitteet toisistaan. Lisäksi ymmärretään ja osataan käyttää matemaattisia käsitteitä hiukan erilaisissa ympäristöissä kuin missä niihin alun perin tutustuttiin ja missä niitä harjoiteltiin.
- *Todistelutaito*: Osataan tehdä yksinkertaisia matemaattisia päätelmiä, joissa ei eroteta toisistaan todistamista ja laajempia todistelun ja päättelyn muotoja. Kyetään seuraamaan ja arvioimaan erilaisia matemaattisia todisteluketjuja. Henkilöllä on niin ikään käsitys heuristiikasta (esim. "Mitä voi tai ei voi tapahtua, tai mistä voi tai ei voi olla kyse, ja miksi?", "Mitä tiedän, ja mitä minun on selvitettävä?").
- *Viestintätaito*: Ymmärretään ja osataan ilmaista suullisesti ja kirjallisesti matemaattiset asiat alkaen tuttujen objektien nimistä ja perusominaisuuksista sekä laskutoimitusten ja niiden tulosten selittämisestä (useammalla kuin yhdellä tavalla) aina suhteita koskevien asioiden selittämiseen. Lisäksi ymmärretään toisten vastaavanlaiset kirjalliset tai suulliset väitteet.
- *Mallinnustaito*: Osataan jäsenellä mallinnettava alue tai tilanne ja muuntaa todellisuus matemaattiseksi rakenteiksi ympäristöissä, jotka eivät ole kovin monimutkaisia, mutta silti erilaisia kuin ne, jotka yleensä ovat oppilaille tuttuja. Kyetään tekemään kahdensuuntaisia tulkintoja mallien (tai niiden tulosten) ja todellisuuden suhteesta sekä jossain määrin viestimään mallin tuloksista.
- *Ongelmanasettelu- ja ratkaisutaito*: Osataan asettaa ja muotoilla muunkinlaisia ongelmia kuin aiemmin harjoiteltuja, puhtaita ja sovellettuja, muodoltaan suljettuja vakio-ongelmia. Kyetään ratkaisemaan niitä paitsi muistamalla ja käyttämällä vakiolähestymistapoja ja -menettelyjä, myös itsenäisemmin käyttämällä apuna matematiikan eri aloja ja erilaisia esitys- ja kommunikointitapoja (kaaviot, taulukot, kuvaajat, sanat, kuvat).
- *Esitystaito*: Ymmärretään ja osataan tulkita erilaisia vieraampienkin matemaattisten objektien ja tilanteiden esitystapoja, kyetään valitsemaan niistä kulloinkin sopivat ja vaihtelevat niitä. Osataan muuntaa eri esitystapoja toisikseen ja erottaa ne toisistaan.
- *Matemaattisen merkki-, kaava- ja menetelmäkielen sekä laskutoimitusten käyttötaito*: Ymmärretään ja osataan tulkita perustasoista symbolista ja formaalista kieltä vieraammissa ympäristöissä ja tilanteissa. Kyetään käyttämään matemaattisia merkkejä ja kaavoja sisältäviä väitteitä ja ilmauksia – osataan esimerkiksi käyttää muuttujia, ratkaista yhtälöitä ja tehdä laskutoimituksia tutuilla menetelmillä.
- *Apu- ja työvälineiden käyttötaito*: Tunnetaan ja osataan käyttää tuttuja apu- ja työvälineitä ympäristöissä ja tilanteissa, jotka ovat erilaisia kuin ne, joissa niihin tutustuttiin, ja eri tavoilla kuin millä niiden käyttöä harjoiteltiin.

Tähän taitokokonaisuuteen sisältyvissä tehtävissä on osattava integroida ja yhdistellä keskenään aineistoa yhdistävien ideoiden (tila ja muoto, epävarmuus jne.) eri alueilta ja matematiikan opetussuunnitelman eri alueilta. Niin ikään on kyettävä yhdistelemään ongelman eri esitystapoja.



Opitun yhdistelyä mittaaville tehtäville on tunnusomaista harjoitellun oppiaineksen integrointi, yhdistely ja jonkinasteinen laajentaminen.

Esimerkkejä opitun yhdistelyä edellyttävistä tehtävistä

Ensimmäinen esimerkki *opitun yhdistely* -taitokokonaisuuden tehtävistä oli jo aiemmin käsitelty esimerkkit tehtävä 3: *SÄÄSTÖTILI* (s. 79). Seuraavassa on lisää esimerkkejä.

Matematiikan esimerkkitehtävä 18: VÄLIMATKA

Mary asuu kahden kilometrin päässä koulusta, Martin viiden.

Tehtävä 1: VÄLIMATKA

Kuinka kaukana toisistaan Mary ja Martin asuvat?

Kun tämä tehtävä ensi kertaa esiteltiin opettajille, monet pitivät sitä huonona, koska se oli liian yksinkertainen – oli helppo nähdä, että vastaus on kolme. Toiset opettajat pitivät tehtävää huonona, koska vastausta ei voinut määritellä – toisin sanoen tehtävään ei ole yhtä tiettyä numeerista vastausta. Kolmas reaktio oli, että tehtävä ei ollut hyvä, koska mahdollisia vastauksia oli useita. Ilman lisätietoa ei voida päätellä muuta kuin että lasten asuinpaikkojen etäisyys on kolmen ja seitsemän kilometrin välillä. Pieni opettajajoukko katsoi, että tehtävä oli erinomainen, koska kysymys täytyy todella ymmärtää. Kyseessä on todellinen ongelmanratkaisu, koska oppilas ei tunne siihen mitään valmista strategiaa ja tehtävä on kauniin matemaattinen, joskaan etukäteen ei voi lainkaan ennustaa, miten oppilaat ratkaisevat tehtävän. Tämän viimeksi esitetyn tulkinnan perusteella tehtävä vaatii *opitun yhdistelyä*.

Matematiikan esimerkkitehtävä 19: TOIMISTON VUOKRAAMINEN

Seuraavat kaksi ilmoitusta ilmestyivät erään zedejä rahayksikkönä käyttävän maan sanomalehdessä.

RAKENNUS A	RAKENNUS B
Toimistotilaa vuokrattavana	Toimistotilaa vuokrattavana
58–95 neliömetriä	35–260 neliömetriä
475 zediä kuukaudessa	90 zediä neliömetriltä
ja 100–120 neliömetriä	vuodessa
800 zediä kuukaudessa	

Tehtävä 1: TOIMISTON VUOKRAAMINEN

Jos yritys haluaa vuokrata 110 neliömetrin laajuisen toimiston tästä maasta vuodeksi, kummasta rakennuksesta (A vai B) sen kannattaa vuokrata saadakseen tilan halvemmalla? Kirjoita näkyviin laskutoimitusten kaikki vaiheet. [©IEA/TIMSS]

Matematiikan esimerkkitehtävä 20: PIZZAT

Pizzeriassa on tarjolla samanpaksuisia, pyöreitä pizzoja, joita on kahta kokoa. Pienemmän halkaisija on 30 cm ja hinta 30 zediä. Suuremman halkaisija on 40 cm ja hinta 40 zediä. [© PRIM, Stockholm Institute of Education]

Tehtävä 1: PIZZAT

Kumpi pizza antaa rahalle paremman vastineen? Merkitse näkyviin päättelysi perusteet.

Molemmissa ongelmissa oppilaiden on muunnettava todellisen elämän tilanne matematiikan kielelle, kehitettävä matemaattinen malli voidakseen järkevästi vertailla, tarkistettava ratkaisun sopivuus kysymyksen alkuperäiseen käyttöympäristöön sekä kyettävä viestimään lopputulos. Kaikki nämä toiminnot kuuluvat *opitun yhdistely* -taitokokonaisuuteen.

Opitun soveltaminen

Tähän matematiikan taitokokonaisuuteen sisältyy oppilaan kyky pohtia ongelmanratkaisussa tarvittavia tai käytettäviä menetelmiä. Oppilas osaa suunnitella ratkaisustrategioita ja soveltaa niitä ongelmayhteyksissä, joissa on useampia elementtejä ja jotka voivat olla erikoisempia (tai vieraampia) kuin *opitun yhdistelyä* edellyttävissä ongelmissa. Opitun yhdistelemistaitojen lisäksi *opitun soveltamisen* taitokokonaisuuteen sisältyy seuraavanlaista osaamista:

- **Ajattelu- ja päättelytaito:** Oppilas osaa esittää kysymyksiä ("Miten saan selville...?", "Mitä matemaatiikkaa tarvitaan...?", "Mitkä ovat ongelman tai tilanteen keskeiset piirteet...?") ja ymmärtää niihin liittyvät vastaukset, jotka käyvät ilmi taulukoista, kuvaajista, algebrasta, kuvioista, avainkohtien määritelmistä jne. Lisäksi osataan erottaa määritelmät, teoreemat, oletukset, erityistapauksista esitetyt hypoteesit ja perusväitteet, ja kyetään pohtimaan tai aktiivisesti ilmaisemaan näitä eroja. Lisäksi ymmärretään ja osataan käyttää matemaattisia käsitteitä uusissa tai monimutkaisissakin ympäristöissä. Niin ikään ymmärretään ja osataan käsitellä tiettyjen matemaattisten käsitteiden laajuutta ja rajoituksia, ja kyetään yleistämään tuloksia.
- **Todistelutaito:** Tähän sisältyy yksinkertainen matemaattinen päättely, mihin liittyen osataan erottaa toisistaan todistaminen ja todisteet sekä laajemmat todistelun ja päättelyn muodot. Lisäksi kyetään seuraamaan, arvioimaan ja laatimaan erityyppisiä matemaattisia todisteluketjuja ja osataan heuristiikkaa (esim. "Mitä voi tai ei voi tapahtua, tai miten asia voi tai ei voi olla, ja miksi?", "Mitä tiedän ja mitä haluan saada selville?", "Mitkä seikat ovat keskeisiä?", "Mikä on objektien suhde toisiinsa?").
- **Viestintätaito:** Ymmärretään ja osataan ilmaista suullisesti ja kirjallisesti matemaattisia asioita alkaen tuttujen objektien nimistä ja perusominaisuuksista laskutoimitusten ja niiden tulosten kuvaamiseen useammalla kuin yhdellä tavalla, aina monimutkaisten yhteyksien selittämiseen, mukaan lukien loogiset yhteydet. Vastaavasti ymmärretään toisten kirjallisia ja suullisia viestejä näistä asioista.
- **Mallinnustaito:** Kyetään jäsentämään mallinnettava alue tai tilanne ja muuntamaan todellisuutta matemaattisiksi rakenteiksi ympäristöissä, jotka voivat olla monisyisiä tai poiketa suuresti niistä, joihin oppilaat ovat tottuneet. Osataan esittää kahdensuuntaisia tulkintoja mallien ja niiden tulosten suhteesta todellisuuteen sekä ilmaista näitä tulkintoja. Kerätään tietoa ja aineistoja, tutkaillaan mallintamista ja perustellaan syntyvä malli. Osataan pohtia eritellysti, esittää kritiikkiä sekä osallistua vaativampaankin malleja ja mallintamista koskevaan viestintään.



- *Ongelmanasettelu- ja ratkaisutaito:* Oppilas kykenee selvästi vaativampaan ongelmanasetteluun ja -muotoiluun kuin vain harjoiteltujen, puhtaiden ja sovellettujen, muodoltaan suljettujen vakio-ongelmien jäljittelyyn. Ongelmanratkaisussa käytetään vakiolähestymistapojen ja -menettelyjen lisäksi myös omaperäisempiä prosesseja, joissa yhdistetään matematiikan eri alueita ja esitys- ja viestintätapoja (kaaviot, taulukot, kuvaajat, sanat, kuvat). Kyetään pohtimaan strategioita ja ratkaisuja.
- *Esitystaito:* Ymmärretään ja tulkitaan vieraampiakin matemaattisten objektien kuvauksia. Osataan valita, vaihdella ja muunnella matemaattisten objektien ja tilanteiden esitystapoja sekä vertailla niiden hyviä ja huonoja puolia. Yhdistellään luovasti ja keksitään uudenlaisia, omaperäisiä esitystapoja.
- *Matemaattisen merkki-, kaava- ja menetelmäkielen sekä laskutoimitusten käyttötaito:* Kyetään ymmärtämään ja tulkitsemaan harjoiteltua symbolista ja formaalista kieltä vieraissa ympäristöissä ja tilanteissa. Osataan käsitellä merkkejä ja kaavoja sisältäviä väittämiä ja ilmauksia, esimerkiksi käyttää muuttujia, ratkaista yhtälöitä ja suorittaa laskutoimituksia. Kyetään käsittelemään monimutkaisia väitteitä ja ilmauksia, myös vieraalla symboli- tai formaalisella kielellä, ja kyetään ymmärtämään ja kääntämään niitä luonnolliselle kielelle ja päinvastoin.
- *Apu- ja työvälineiden käyttö:* Tunnetaan ja käytetään tuttuja tai vieraita apu- ja työvälineitä erilaisissa ympäristöissä ja tilanteissa. Osataan käyttää niitä myös aivan eri tavoilla kuin millä niihin alun perin tutustuttiin ja millä niitä on harjoiteltu. Lisäksi tiedostetaan apuvälineiden ja työkalujen rajoitukset.

Opitun soveltamista mittaavissa tehtävissä edellytetään yleensä vaativaa päättelyä uusissa käyttöympäristöissä sekä todistelua-, abstrahointi-, yleistämis- ja mallinnuskykyä.

Esimerkkejä opitun soveltamista arvioivista tehtävistä

Matematiikan esimerkkitehtävä 21: OPPILAIDEN PITUUS

Matematiikan tunnilla mitattiin kaikki oppilaat. Poikien keskipituus oli 160 cm ja tyttöjen keskipituus 150 cm. Alena oli pisin – hän oli 180 cm pitkä. Zdenek oli lyhin – hän oli 130 cm pitkä.

Kaksi oppilasta oli poissa, mutta he tulivat kouluun seuraavana päivänä. Heidätkin mitattiin ja keskiarvot laskettiin uudestaan. Yllättävää kyllä, tyttöjen ja poikien keskipituus ei muuttunut.



Tehtävä 1: OPPILAIDEN PITUUS

Mitkä seuraavista päätelmistä voidaan tehdä annettujen tietojen perusteella?

Ympyröi Kyllä tai Ei kunkin päätelmän kohdalla.

Päätelmä	Voidaanko tehdä tämä päätelmä?
Molemmat oppilaat ovat tyttöjä.	Kyllä / Ei
Toinen oppilaista on poika ja toinen tyttö.	Kyllä / Ei
Molemmat oppilaat ovat samanpituisia.	Kyllä / Ei
Kaikkien oppilaiden keskipituus ei muuttunut.	Kyllä / Ei
Zdenek on edelleen lyhin.	Kyllä / Ei

Tehtävä on varsin monimutkainen monella tapaa. Se on osattava lukea hyvin tarkkaan, sillä huolimaton lukeminen vie todennäköisesti virhetulkintoihin. Lisäksi on vaikeaa erottaa ratkaiseva matemaattinen tieto.

Tilanne muuttuu sekä koululuokassa että ajan suhteen. Sanaa ”oppilas” käytetään, kun puhutaan erikseen poikien ja tyttöjen keskipituudesta, mutta sen jälkeen sanotaan, että Alena on pisin (tyttö tai oppilas) ja Zdenek lyhin (poika tai oppilas). Jos oppilaat eivät lue tehtävää huolellisesti, he eivät huomaa, että Alena on tyttö ja Zdenek poika. (Tämä erottelu on englannin kielessä selkeä, suomen kielessä persoonapronomini ei ilmaise sukupuolta.)

Yksi tehtävän ilmeinen vaikeus on, että oppilaiden on yhdistettävä taustamateriaalin alkuosan tietoa (eri pituuksista) toiseen osaan, jossa kerrotaan tietoja kahdesta poissa olleesta oppilaasta. Tässä näkyy vaihtelu ajassa: kaksi oppilasta, jotka eivät alussa olleet läsnä, on otettava seuraavassa hetkessä huomioon, joten oppilaskokonaisuus muuttuu. Tehtävän ratkoja ei kuitenkaan tiedä, ovatko poissa olleet tytöt, poikia vai molempia. Ratkaistavana ei olekaan vain yksi ongelma, vaan itse asiassa viisi.

Voidakseen vastata oikein oppilaan on ymmärrettävä tehtävään sisältyvät tilastolliset käsitteet. Tehtävässä on kyettävä esittämään kysymyksiä (”Mistä tiedän...?”, ”Miten saan selville...?”, ”Mitä mahdollisuuksia on...?” ja ”Mitä tapahtuu, jos minä...?”) sekä ymmärrettävä ja osattava käyttää keskiarvon käsitettä, kun teksti on monimutkainen, joskin ympäristö on tuttu.

Edellisestä kuvauksesta ilmenee, että tehtävä on oppilaille haastava (kuten PISA-tulokset osoittivatkin), mutta se kuuluu selvästi *opitun soveltamisen taitokokonaisuuteen*.

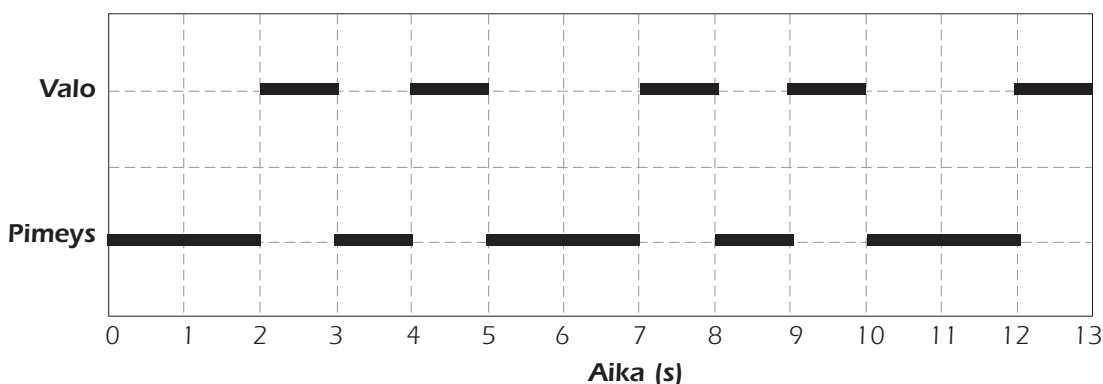


Matematiikan esimerkkitehtävä 22: MAJAKKA

Majakat ovat torneja, joiden huipulla on merkkivalo. Majakat auttavat öisin laivoja pysymään reitillä niiden kulkiessa rannikon läheisyydessä.

Majakan valo välähtelee tietyn säännön, toistuvan rytmikuvion mukaan. Jokaisella majakalla on oma toistuva rytmikuvionsa.

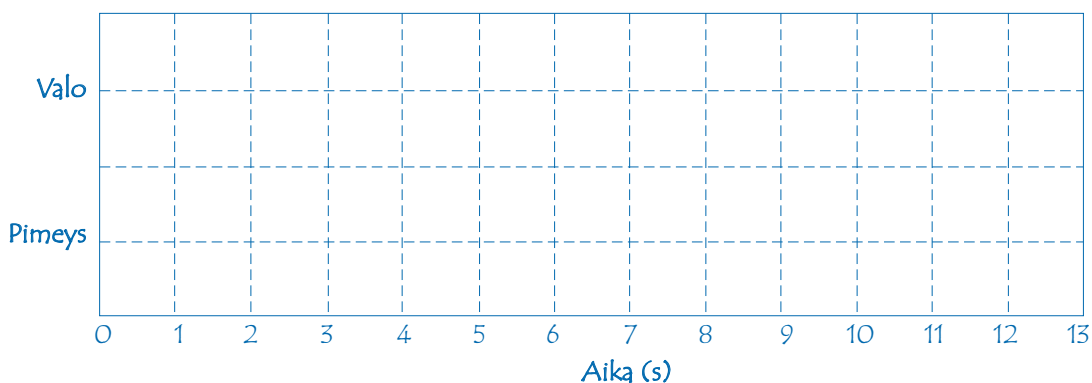
Alla olevasta kaaviosta näkyy erään majakan toistuva rytmikuvio. Välähdykset vuorottelevat pimeyden kanssa.



Rytmikuvio on säännöllinen. Jonkin ajan kuluttua se toistuu. Yhteen täydelliseen rytmikuvioon kuluva aikaa – siis ennen kuin rytmikuvio taas toistuu – kutsutaan kiertoajaksi. Kun saa selville rytmikuvion kiertoajan, sitä on helppo jatkaa edelleen.

Tehtävä 1: MAJAKKA

Piirrä alla olevaan kaavioon sellaisen majakan, joka lähettää valoa 30 sekunnin ajan minuutissa, mahdollinen rytmikuvio. Rytmikuvion kiertoajan täytyy olla 6 sekunnin mittainen.



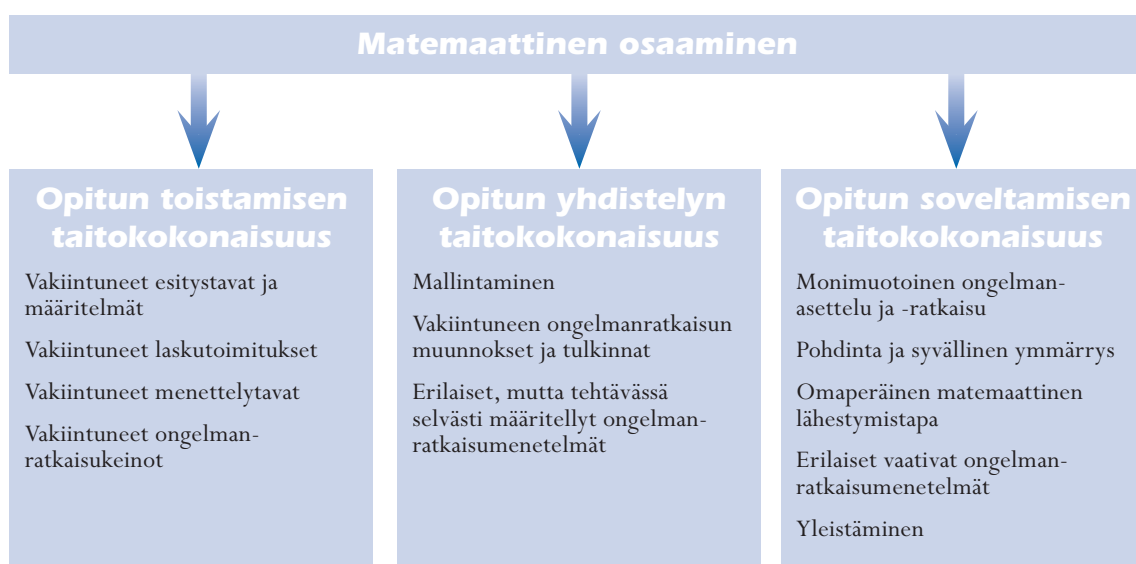
Tässä esimerkissä oppilaiden on ensin ymmärrettävä tehtävän taustamateriaali. Tällainen kuvaaja on todennäköisesti heille tuntematon, kuten myös tällä tavoin esitetty jaksollisuuden käsite. Lisäksi esitetty kysymys on luonteeltaan hyvin avoin. Oppilaita pyydetään suunnittelemaan uusi rytmikuvio. Monet oppilaat eivät kohtaa tällaista suunnittelutehtävää koulussa. Matemaattiseen osaamiseen sisältyy kuitenkin olennaisesti myös suunnittelu ja laatiminen – ei vain näiden taitojen passiivinen käyttö ja ulkoa opittujen lausekkeiden johtaminen, vaan myös käytännön ongelmien ratkaiseminen. Tämän tehtävän ratkaisu edellyttää, että kaksi ehtoa täyttyy: pimeää ja valoa on oltava yhtä paljon ("30 sekuntia minuutissa") ja kiertoajan on oltava 6 sekuntia. Oppilaan on siis ajateltava kiertoaikaa käsitteellisellä tasolla jaksollisuutena. Näin tehtävässä vaaditut taidot edustavat *opitun soveltamisen taitokokonaisuutta*.

Tämän esimerkin käyttöympäristön voidaan ajatella suosivan meren rannalla asuvia oppilaita. Matemaattinen osaaminen on kuitenkin kykyä käyttää matematiikkaa muissakin kuin oman elämän tutuissa ympäristöissä. Tällainen aiemmin opitun asian tai rakenteen hyödyntäminen uudessa tilanteessa on olennainen *matemaattiseen osaamiseen* sisältyvä taito. Jotkut ympäristöt voivat suosia joitakin oppilaita ja jotkin muut taas toisia, mutta tulosten maakohtainen erittely ei osoittanut, että näin olisi. Mannerten keskellä sijaitsevien maiden tulokset eivät eronneet rannikkovaltioiden tuloksista.

Tehtävien luokittelu taitokokonaisuuksien avulla

Kaaviossa 3.9 esitetään tiivistelmänä taitokokonaisuuksien erot.

Kaavio 3.9 Matemaattisen osaamisen taitokokonaisuudet



Taitokuvausten avulla voidaan luokitella matematiikan tehtäviä ja liittää ne vaatimustensa puolesta tiettyihin taitokokonaisuuksiin. Tämän voi tehdä erittelemällä tehtävässä vaaditut taidot sekä sen, kuinka vahvaa osaamista kunkin kahdeksan matemaattisen taidon alalta siinä vaaditaan. Tehtävä sijoitetaan sen vaatimuksia ja taitoja parhaiten vastaavaan taitokokonaisuuteen. Jos yhdenkin taidon katsotaan vastaavan *opitun soveltamisen taitokokonaisuuden* kuvausta, silloin tehtävä luokitellaan tähän taitokokonaisuuteen. Jos taas yhden tai useamman taidon katsotaan parhaiten vastaavan *opitun yhdistelyn taitokokonaisuuden* kuvausta, tehtävä sijoitetaan siihen. Muussa tapauksessa tehtävä luokitellaan *opitun toistamisen taitokokonaisuuteen*, sillä kaikkien siinä edellytettyjen taitojen on arvioitu vastaavan tämän kokonaisuuden taitokuvausta.

MATEMAATTISEN OSAAMISEN ARVIOINTI

Tehtävien ominaisuuksia

Seuraavaksi perehdytään tarkemmin siihen, millaisilla tehtävillä oppilaiden matemaattista osaamista arvioidaan, ja kuvataan erilaiset tehtävätyypit.



PISA-matematiikantehtävien yleisiä ominaisuuksia

PISA on kansainvälinen testi, jolla tutkitaan 15-vuotiaiden oppilaiden osaamista. Kaikkien tehtävien tulisi sopia OECD-maiden 15-vuotiaalle oppilasväestölle.

Opiskelijoiden vastauksia arvioivat sitä varten koulutetut henkilöt. Heitä varten on laadittu arviointikäsikirja, joka sisältää tehtävien taustamateriaalin tai esittelyn, varsinaiset kysymykset ja vaaditut ratkaisut. Jos tehtävän vastausta ei voida pisteyttää yksiselitteisesti, arviointikäsikirjassa on ohjeet, joiden avulla koulutetut arvioijat osaavat pisteyttää oppilaiden vastaukset yhdenmukaisesti ja luotettavasti kaikissa osallistujamaissa.

Tässä viitekehyksessä käsiteltiin jo aiemmin yksityiskohtaisesti PISA-matematiikantehtävissä käytettäviä tilanteita. PISA 2006 -tutkimuksessa näitä tilanteita oli neljänlaisia: yksityisiä, ammatillisia, julkisia ja tieteellisiä. Tehtävät edustivat näitä kaikkia neljää ryhmää.

Tehtävät liittyvät mieluiten ympäristöihin, joita voidaan pitää aitoina. PISA-tutkimuksessa painotetaan tehtäviä, joita saattaa esiintyä erilaisissa arkielämän tilanteissa ja joiden ratkaisemisessa matematiikan käyttö on luontevaa. Matemaattista osaamista pidetään parhaana arvioida tehtävillä, joiden ratkaisuun ja sen tulkintaan vaikuttava käyttöympäristö ei ole suoranaisesti matemaattinen vaan matematiikanulkoinen.

Tehtävien tulee yleensä liittyä matematiikan viitekehyksessä kuvattuihin matemaattista sisältöä yhdistäviin ideoihin. Valittaessa matematiikkatehtäviä PISA 2003 -tutkimukseen varmistettiin, että nämä neljä yhdistävää ideaa olivat hyvin edustettuina. Kuhunkin tehtävään tulee sisältyä yksi tai useampi viitekehyksessä kuvattu matematisoinnin vaihe ja tehtävän tulee edustaa pääasiassa yhtä taitokokonaisuutta.

PISA-tutkimuksen tehtäviä laadittaessa ja valittaessa harkitaan tarkoin, minkätasoista lukemisen osaamista tehtävän ymmärtäminen edellyttää. Tehtävät ovat sanamuodoltaan mahdollisimman yksinkertaisia ja selkeitä. Lisäksi pyritään tarkoin välttämään tehtäväympäristöjä, jotka voisivat aiheuttaa kulttuurista vinoumaa.

PISA-tutkimuksiin valitut tehtävät edustavat eri vaikeusasteita, jotta ne vastaisivat tutkimukseen osallistuvien oppilaiden taitotason odotetusti laajaa vaihtelua. Lisäksi vaikeudeltaan vaihtelevien tehtävien tulee mahdollisimman hyvin kattaa viitekehyksen pääjaottelut, erityisesti taitokokonaisuudet ja matemaattista sisältöä yhdistävät ideat. Tehtävien toimivuus ja vaikeusaste tutkitaan kattavilla esikokeilla ennen kuin ne valitaan varsinaiseen PISA-kokeeseen.

Tehtävämuodot

Tehtävämuoto voi vaikuttaa merkittävästi oppilaan suoritukseen. Tämä on otettava huomioon PISA:n kaltaisessa hankkeessa, jossa testauksen laajuus ja kansainvälisyys rajoittaa merkittävästi mahdollisten tehtävämuotojen määrää.

PISA:ssa arvioidaan *matemaattista osaamista* tehtäväjoukolla, johon sisältyy muodoltaan laajoja ja suppeita avoimia tehtäviä sekä monivalintatehtäviä. Kutakin tehtävämuotoa pyritään käyttämään tasapuolisesti.



PISA 2000 -tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella monivalintatehtävä on yleensä sopivin muoto silloin, kun tehtävä liittyy *opitun toistamisen* ja *opitun yhdistelyn taitokokonaisuuksiin*. Tätä kuvaa matematiikan esimerkkitehtävä 23. Se liittyy *opitun yhdistelyyn* ja siinä on tietty määrä valmiita vastausvaihtoehtoja. Ratkaistakseen ongelman oppilaiden on muunnettava se matemaattiselle kielelle, luotava malli, josta ilmenee kuvatun käyttöympäristön jaksollinen luonne, ja pääteltävä sen perusteella oikea vaihtoehto.

Matematiikan esimerkkitehtävä 23: HYLJE

Hylkeen on hengitettävä myös nukkuessaan. Martti seurasi erästä hyljettä tunnin ajan. Havainnointijakson alussa hylje sukelsi meren pohjaan ja rupesi nukkumaan. 8 minuutin kuluessa se kohosi hitaasti pintaan hengittämään.

3 minuutissa se oli taas laskeutunut pohjaan, ja koko prosessi toistui uudelleen hyvin säännöllisesti.

Tehtävä 1: HYLJE

Tunnin kuluttua hylje oli:

- A. Pohjalla
- B. Matkalla pintaan
- C. Hengittämässä
- D. Matkalla pohjaan

Vaativampien tavoitteiden ja monimutkaisempien päättelyketjujen arviointiin käytetään usein muuntotyypisiä tehtäviä. Suppeissa avovastaustehtävissä esitetään samantapaisia kysymyksiä kuin monivalintatehtävissä, mutta oppilaita pyydetään itse tuottamaan vastaus, joka on helposti arvioitavissa joko oikeaksi tai vääräksi. Tällaisissa tehtävissä arvaaminen ei yleensä ole ongelma, eikä tehtäviin tarvitse sisällyttää hämääviä vaihtoehtoja, jotka usein vaikeuttavat tehtävän laatimista. Matematiikan esimerkkitehtävässä 24 on yksi oikea vastaus ja useita mahdollisia vääriä vastauksia.

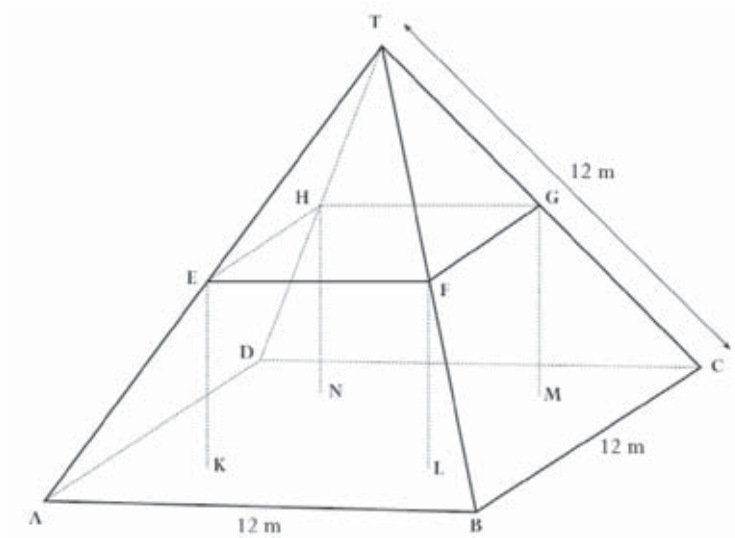


Matematiikan esimerkkitehtävä 24: MAATILA

Tässä näet valokuvan maatalosta, jonka katto on pyramidin muotoinen.



Alla on oppilaan piirtämä matemaattinen malli maatalon katosta. Malliin on lisätty mitat.



Ullakon lattia, mallissa ABCD, on neliö. Kattoa tukevat palkit muodostavat kappaleen (suorakulmaisen särmiön) EFGHKLMN särmät. E on janan AT keskipiste, F on janan BT keskipiste, G on janan CT keskipiste ja H on janan DT keskipiste. Pyramidin kaikkien särmien pituus on mallissa 12 m.

Tehtävä 1: MAATILA

Laske ullakon lattian ABCD pinta-ala.

Ullakon lattian ABCD pinta-ala = m²

Laajoissa avoimissa vastauksissa oppilas osoittaa oivaltavaa perehtymistä tehtävän sisältöön ja vastaamiseen tarvitaan usein vaativantasoisia kognitiivisia toimintoja. Tällaisissa tehtävissä oppilaita ei vain pyydetä tuottamaan varsinainen vastaus, vaan myös kirjoittamaan näkyviin ratkaisun välivaiheet

tai kuvaamaan, miten vastaukseen päädyttiin. Laajaa avointa vastausta edellyttävien tehtävien keskeinen piirre on, että niiden ratkaisussa oppilas voi osoittaa monipuolisesti matemaattisen ajattelunsa eri tasoja, kuten näkyy esimerkistä 25.

Matematiikan esimerkkitehtävä 25: INDONESIA

Indonesia sijaitsee Malesian ja Australian välissä. Seuraava taulukko sisältää tietoja Indonesian väestöstä ja sen jakautumisesta eri saarille:

Alue	Pinta-ala (km ²)	Osuus kokonais- pinta-alasta	Väkiluku vuonna 1980 (milj.)	Osuus koko väestöstä (%)
Java/Madura	132 187	6,95	91 281	61,87
Sumatra	473 606	24,86	27 981	18,99
Kalimantan (Borneo)	539 460	28,32	6 721	4,56
Sulawesi (Celebes)	189 216	9,93	10 377	7,04
Bali	5 561	0,30	2 470	1,68
Irian Jaya	421 981	22,16	1 145	5,02
Yhteensä	1 905 569	100,00	147 384	100,00

Indonesian suurimpia haasteita on väestön epätasainen jakautuminen saarille. Taulukosta nähdään, että Jaava on pinta-alaltaan alle 7 % maan kokonaispinta-alasta, mutta sillä asuu lähes 62 % väestöstä.

Lähde: de Lange ja Verhage (1992); käyttö lupa myönnetty.

Tehtävä 1: INDONESIA

Suunnittele kaavio (tai kaavioita) osoittamaan Indonesian väestön epätasainen jakautuminen.

PISA-tutkimuksessa noin kolmannes matematiikan tehtävistä edellyttää laajoja avovastauksia. Ne annetaan pisteytettäväksi tehtävään koulutetuille henkilöille. Heillä on apunaan arviointikäsi kirja, jonka käyttö vaatii perehtyneisyyttä tarkasteltavan aihepiirin sisältöön. Tehtävien pisteyttäjät saattavat olla keskenään eri mieltä. PISA:n kansainvälinen keskus tutkiikin pisteyttäjien tulosten reliabiliteettia tilastollisin keinoin seurataksseen näkemyserojen laajuutta. Kokemukset näistä selvityksistä osoittavat, että on mahdollista luoda selkeät pisteyttämisohjeet ja saada luotettavia tuloksia.

PISA-tutkimuksessa käytetään jonkin verran tehtäväkokonaisuuksia, jossa samaan taustamateriaaliin liittyy muodoltaan erilaisia tehtäviä. Niissä oppilaat voivat syventyä tarkasteltavaan käyttöympäristöön tai ongelmaan vaikeutuvan kysymyssarjan välityksellä. Ensimmäiset kysymykset ovat tavallisesti monivalintatehtäviä tai suppeita avovastaustehtäviä. Sen jälkeen esitetään tehtäviä, jotka edellyttävät laajaa avointa vastausta. Tällaisessa tehtäväkokonaisuudessa voidaan saman taustamateriaalin avulla arvioida kaikkia kolmea taitokokonaisuutta.

Tällaisia tehtäviä käytetään muun muassa siksi, että näin voidaan laatia kokonaisuus, joka tuo todellisten elämäntilanteiden moniulotteisuuden paremmin esille. Lisäksi koeajan käyttö tehostuu, koska oppilaan tarvitsee yhden kokonaisuuden tehtävissä perehtyä vain yhteen taustamateriaaliin. PISA-tehtävien suunnittelussa, vastausten pisteytyksessä ja arviointikäsi kirjassa on otettu huomioon se, että tehtävästä annetun pisteen on aina oltava riippumaton kaikista muista. Lisäksi otetaan huomioon tarve minimoida vinouma, jonka saman tilanteen käyttö useassa tehtävässä voi aiheuttaa.



Arvioinnin rakenne

PISA 2003 -tutkimuksessa pääaihepiirinä oli matematiikka ja tehtävien ratkaisuun oli varattu aikaa kaikkiaan 210 minuuttia. Tehtävät oli järjestetty seitsemään osaamiskokonaisuuteen, joista kunkin suorittamiseen oli varattu aikaa 30 minuuttia. Nämä osaamiskokonaisuudet oli jaettu eri tehtävävihkoihin muiden aihepiirien osaamiskokonaisuuksien joukkoon. Vuoden 2006 tutkimuksessa matematiikan testaukseen oli varattu vähemmän aikaa, mutta matematiikan osaamiskokonaisuudet laadittiin ja jaettiin eri vihkoihin samalla tavoin kuin aiemminkin. Molemmilla tutkimuskierroksilla oppilaalla oli kaksi tuntia aikaa tehtävävihkon eri tehtävien suorittamiseen.

Matematiikan koeaika on jaettu mahdollisimman tasan neljän sisältöä yhdistävän idean (*tila ja muoto, muutos ja suhteet, määrä ja epävarmuus*) ja viitekehyksessä kuvattujen neljän käyttötilanteen (*yksityinen, ammatillinen, julkinen ja tieteellinen*) kesken. Kolmea taitokokonaisuutta (*opitun toistaminen, opitun yhdistely ja opitun soveltaminen*) tehtävät edustavat suunnilleen suhteessa 1:2:1. Noin kolmasosa tehtävistä on monivalintatehtäviä, noin kolmasosa suppeita avovastaustehtäviä ja noin kolmasosa laajoja avovastaustehtäviä.

Matemaattisten taitojen raportointi

PISA-tutkimuksen vastauksista saatujen tulosten tiivistämiseksi laadittiin viisiportainen asteikko (Masters ja Forster, 1996; Masters, Adams ja Wilson, 1999). Asteikko luotiin tilastollisesti käyttämällä niin kutsuttua Item Response Theory -tekniikkaa. Asteikon avulla voidaan vertailla eri maiden oppilaiden suorituksia.

On myös pohdittu erillisten raportointiasteikkojen kehittämistä. Ne perustuisivat mitä ilmeisimmin kolmeen matemaattiseen taitokokonaisuuteen tai neljään matemaattista sisältöä yhdistävään ideaan. Erillisten raportointiasteikkojen kehittämisessä ovat tärkeitä erityisesti psykometriset seikat. Päätökset tehtiin sen jälkeen, kun PISA-tutkimuksen tulokset oli analysoitu. Oli varmistettava, että mukaan otettiin riittävä määrä tehtäviä eri ryhmistä. Lisäksi jokaiseen ryhmään sisältyvien tehtävien vaikeusasteen tuli vaihdella sopivasti.

Taitokokonaisuudet kuvastavat lisääntyvän kognitiivisen vaativuuden ja monimutkaisuuden käsitteellistä luokitusta, mutta ne eivät varsinaisesti muodosta vaikeutuvaa suoritushierarkiaa. Käsitteellinen monimutkaisuus on vain yksi tehtävän vaativuuteen vaikuttavista tekijöistä. Muita ovat tuttuus, äskettäinen oppimis- ja harjoittelumahdollisuus jne. Siten *opitun toistamisen* kykyjä edellyttävä monivalintatehtävä (esimerkiksi kysymys ”Mikä seuraavista on suorakulmainen suuntaissärmiö?”, jota seuraa pallon, tölkin, laatikon ja neliön kuva) voi olla hyvin helppo niille oppilaille, joille sanan merkitys on opetettu, mutta hyvin vaikea tätä termiä tuntemattomille. Vaikka voidaan ajatella, että on olemassa melko vaikeita *opitun toistoon* liittyviä tehtäviä ja helpohkoja *opitun soveltamiseen* liittyviä tehtäviä, ja mukaan tulisivatkin valita kustakin taitokokonaisuudesta vaikeustasoltaan erilaisia tehtäviä, vallitsee taitokokonaisuuksien ja tehtävien vaikeusasteiden välillä todennäköisesti positiivinen riippuvuus.

Tehtävien vaikeusasteet ja matemaattiset taitotasot perustuvat seuraaviin taustatekijöihin:

- *Vaaditun tulkitsemisen ja soveltamisen laatu ja määrä:* Minkäluonteisia ovat ongelman käyttöympäristöstä johtuvat vaatimukset; kuinka ilmeisiä tehtävän matemaattiset vaatimukset ovat tai missä määrin oppilaiden on itse kyettävä määrittämään ongelma matemaattisesti, ja missä määrin tehtävä vaatii oivaltamista, pitkiä päättelyketjuja ja yleistämistä.
- *Vaaditut esitystavat:* Käytetäänkö ongelmassa vain yhtä esitystapaa vai onko oppilaiden osattava vaihdella esitystapoja tai löydettävä itse sopivat esitystavat.
- *Vaadittujen matemaattisten taitojen laatu ja taso:* Ovatko ongelmat yksinkertaisia, jolloin oppilaan on tiedettävä matematiikan perusasioita ja suoritettava yksinkertaisia laskutoimituksia, vai monimutkaisia, jolloin ratkaisuun vaaditaan edistyneempää matemaattista tietoa, monivaiheista päättöksentekoa, tiedon prosessointia sekä ongelmanratkaisu- ja mallintamistaitoja.
- *Vaaditun matemaattisen todistelun laatu ja määrä:* Tarvitaanko ongelmassa minkäänlaista todistelua, tai voiko oppilas käyttää tunnettuja matemaattisia todistuksia, vai onko oppilaan luotava itse matemaattisia todisteluja, ymmärrettävä muiden todisteluja tai arvioitava niiden pätevyyttä.

Alimmalla kuvatulla taitotasolla oppilaat suoriutuvat tavallisesti yksinkertaisista toimituksista, joissa on tunnistettava tuttuja ympäristöjä ja matemaattisesti selkeästi muotoiltuja ongelmia, tiedettävä matematiikan perusasioita ja sovellettava yksinkertaisia laskutaitoja.

Ylemmillä taitotasoilla oppilaat tavallisesti suorittavat mutkikkaampia tehtäviä. He kykenevät yhdistelemään erillisiä tietoja tai tulkitsemaan matemaattisten käsitteiden tai tietojen erilaisia esitystapoja, osaavat erottaa olennaiset asiat ja ymmärtävät niiden keskinäiset suhteet. Ongelmanratkaisussa he käyttävät yleensä matemaattisia malleja tai muotoiluja, jotka on usein annettu algebrallisessa muodossa, tai suoriutuvat pienehköstä päättelyketjusta tai laskutoimitusten sarjasta löytääkseen ratkaisun.

Ylimmällä taitotasolla oppilaat käsittelevät matemaattisia ongelmia luovemmin ja aktiivisemmin. He osaavat tulkita monipuolisempaa tietoa ja selviytyvät pidemmistä päättelyketjuista. He jäsentävät ongelman selkeästi ja usein kehittävät mallin, joka helpottaa ratkaisua. Tällä tasolla oppilaat tunnistavat sopivat apuvälineet ja tilanteessa tarvittavan tiedon ja osaavat käyttää niitä vieraassakin ympäristössä. Niin ikään he osoittavat syvällistä ymmärtämistä määrittäessään ratkaisustrategiaansa, ja osoittavat vaativia kognitiivisia taitoja kuten yleistämis- ja päättelykykyä selittäessään ja viestiessään tuloksia.

Apuvälineiden salliminen

PISA:n periaate on, että oppilaat saavat käyttää taskulaskimia ja muita työvälineitä siten kuin niitä tavallisesti koulussa käytetään.

Näin voidaan aidommin arvioida sitä, mihin oppilaat kykenevät, ja samalla selkeämmin vertailla eri koulutusjärjestelmien toimivuutta. Päätös, että jossakin koulutusjärjestelmässä oppilaat saavat käyttää taskulaskimia, on periaatteessa aivan samantapainen kuin muutkin järjestelmissä tehdyt koulutuspoliittiset päätökset. PISA ei voi vaikuttaa niihin.

Taskulaskimen käyttöön tottuneet oppilaat joutuisivat muita heikompaan asemaan, jos he eivät saisi käyttää sitä tässä kokeessa.



TIIVISTELMÄ

Matematiikan aihepiirissä PISA-tutkimuksen päämääränä on kehittää mittareita, jotka näyttävät, kuinka tehokkaasti eri maissa on valmennettu 15-vuotiaita oppilaita aktiivisiksi, ajatteleviksi ja älykkäiksi kansalaisiksi heidän matematiikantaitojensa kannalta. PISA-ohjelmassa on kehitetty arviointimenetelmiä selvittämään, missä määrin oppilaat osaavat käyttää oppimaansa. Menetelmissä painotetaan matemaattisen tiedon ja ymmärryksen käyttöä arkielämän ongelmien ratkaisemisessa. Arvioinnissa käytetään monensisältöisiä, ohjeistukseltaan ja rakenteeltaan vaihtelevia tehtäviä, joissa pyritään ongelmien tosielämän kaltaiseen aitouteen ja oppilaiden itsenäiseen ajatustyöhön.

Tässä viitekehyksessä on kuvattu ja havainnollistettu PISA 2006 -tutkimuksessa käytetty *matemaattisen osaamisen* määritelmä sekä kuvailtu tehtävien käyttöympäristö. Matematiikan viitekehys on luonteeltaan verrattavissa muihin PISA-viitekehyksiin. Sen elementtejä ovat matematiikan käyttöympäristöt, matemaattinen sisältö ja matematisoinnin vaiheet, jotka perustuvat matemaattisen osaamisen määritelmään. Käyttöympäristön ja sisällön tarkastelussa korostetaan ongelmia, joita oppilaat kohtaavat yhteiskunnan jäseninä. Matematisoinnin vaiheita käsiteltäessä painotetaan taitoja, joita oppilaat tarvitsevat ongelmien ratkaisussa. Nämä taidot on ryhmitelty kolmeksi taitokokonaisuudeksi. Niiden avulla on helpompi käsitellä moniulotteisia kognitiivisia prosesseja tarkoin jäsennetyssä PISA:n arviointiohjelmassa.



Kirjallisuus

- Baumert J. – Köller O.** (1998) Interest Research in Secondary Level I: An Overview. Teoksessa: Hoffmann L. – Krapp A. – Renniger K. A. – Baumert J. (toim.) *Interest and Learning*. Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Blosser P.** (1984) Attitude Research in Science Education. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus.
- Blum W.** (1996) Anwendungsorientierter Mathematikunterricht – Trends und Perspektiven. Teoksessa: Kadunz G. et al. (toim.) *Trends und Perspektiven: Schriftenreihe Didaktik der Mathematik*, Vol. 23. Hoelder-Pichler-Tempsky, Wein.
- Bogner F. – Wiseman M.** (1999) Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *European Psychologist* 4 (3).
- Bybee R.** (1997a) *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Heinemann, Portsmouth.
- Bybee R.** (1997b) Toward an Understanding of Scientific Literacy. Teoksessa: Gräber W. – Bolte C. (toim.) *Scientific Literacy: An International Symposium*. Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools** (1982) *Mathematics Counts* (The Cockcroft Report). Her Majesty's Stationery Office, London.
- de Corte E. – Greer B. – Verschaffel L.** (1996) Mathematics Teaching and Learning. Teoksessa: Berliner D. C. – Calfee R. C. (toim.) *Handbook of Educational Psychology*. Macmillan, New York.
- de Lange J.** (1987) *Mathematics, Insight and Meaning*. CD-Press, Utrecht.
- de Lange J.** (1995) Assessment: No Change without Problems. Teoksessa: Romberg T. A. (toim.) *Reform in School Mathematics*. SUNY Press, Albany.
- de Lange J. – Verhage H.** (1992) *Data Visualization*. Sunburst, Pleasantville.
- Dossey J. A.** (1997) Defining and Measuring Quantitative Literacy. Teoksessa: Steen L. A. (toim.) *Why Numbers Count*. The College Board, New York.
- Eagles P. F. J. – Demare R.** (1999) Factors Influencing Children's Environmental Attitudes. *The Journal of Environmental Education*, 30 (4).
- Fensham P. J.** (1985) Science for All: A Reflective Essay. *Journal of Curriculum Studies* 17 (4).
- Fensham P. J.** (2000) Time to Change Drivers for Scientific Literacy. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 9–24.
- Fey J.** (1990) Quantity. Teoksessa: Steen L. A. (toim.) *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. National Academy Press, Washington, D. C.
- Fleming R.** (1989) Literacy for a Technological Age. *Science Education* 73 (4).
- Freudenthal H.** (1973) *Mathematics as an Educational Task*. D. Reidel, Dordrecht.
- Freudenthal H.** (1983) *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*. D. Reidel, Dordrecht.
- Gardner P. L.** (1975) Attitudes to Science: A Review. *Studies in Science Education* 2.
- Gardner P. L.** (1984) Students' Interest in Science and Technology: An International Overview. Teoksessa: Lehrke M. – Hoffmann L. – Gardner P. L. (toim.) *Interests in Science and Technology Education*. Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.



- Gauld C. – Hukins A.A.** (1980) Scientific Attitudes: A Review. *Studies in Science Education* 7.
- Gee J.** (1998) *Preamble to a Literacy Program*. Department of Curriculum and Instruction, Madison.
- Gräber W. – Bolte C.** (toim.) (1997) *Scientific Literacy: An International Symposium*. Institute for Science Education at the University of Kiel, Kiel.
- Grünbaum B.** (1985) Geometry Strikes Again. *Mathematics Magazine*, 58 (1).
- Hershkowitz R. – Parzys B. – van Dormolen J.** (1996) Space and Shape. Teoksessa: Bishop A. J. – Clements K. – Keitel C. – Kilpatrick J. – Laborde C. (toim.) *International Handbook of Mathematics Education, Part 1*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Kirsch I.S. – Mosenthal P.B.** (1989–1991) Understanding Documents: A Monthly Column. *Journal of Reading*. International Reading Association, Newark.
- Klopfer L.** (1971) Evaluation of Learning in Science. Teoksessa: Bloom B. – Hastings J. – Madaus G. (toim.) *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning*. McGraw-Hill, New York.
- Klopfer L.E.** (1976) A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education. *Science Education* 60.
- Koballa T. – Kemp A. – Evans R.** (1997) The Spectrum of Scientific Literacy. *The Science Teacher* 64 (7).
- Kuhn D.** (1992) Thinking as Argument. *Harvard Educational Review* 62 (2).
- LaForgia J.** (1988) The Affective Domain Related to Science Education and Its Evaluation. *Science Education* 72 (4).
- Langer J.** (1995) *Envisioning Literature*. International Reading Association, Newark.
- Law N.** (2002) Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education* 2, 151–176.
- LOGSE** (1990) *Ley de Ordenacion General del Sistema Educativo*. LOGSE, Madrid.
- Masters G. – Adams R. – Wilson M.** (1999) Charting Student Progress. Teoksessa: Masters G. – Keeves J. (toim.) *Advances in Measurement in Educational Research and Assessment*. Amsterdam, Elsevier Science.
- Masters G. – Forster M.** (1996). *Progress Maps*. Australian Council for Educational Research, Melbourne.
- Mathematical Association of America – MAA** (1923) *The Re-organization of Mathematics in Secondary Education: A Report of the National Committee on Mathematical Requirements*. MAA, Oberlin.
- Mathematical Sciences Education Board – MSEB** (1990) *Reshaping School Mathematics: A Philosophy and Framework of Curriculum*. National Academy Press, Washington, D.C.
- Mayer V.J.** (toim.) (2002) *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Mayer V.J. – Kumano Y.** (2002) The Philosophy of Science and Global Science Literacy. Teoksessa: Mayer V.J. (toim.) *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Millar R. – J. Osborne** (1998) *Beyond 2000: Science Education for the Future*. King's College London, School of Education, London.
- Mitchell J. – Hawkins E. – Jakwerth P. – Stancavage F. – Dossey J.** (2000) *Student Work and Teacher Practice in Mathematics*. National Center for Education Statistics, Washington, D.C.
- National Council of Teachers of Mathematics – NCTM** (1989) *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. NCTM, Reston.



NCTM (2000) *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM, Reston.

Neubrand M. – Biehler R. – Blum W. – Cohors-Fresenborg E. – Flade L. – Knoche N. – Lind D. – Löding W. – Möller G. – Wynands A. (Deutsche OECD/PISA-Expertengruppe Mathematik) (2001) Grundlagen der Ergänzung des internationalen OECD/PISA-Mathematik-Tests in der deutschen Zusatzerhebung. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 33 (2).

Niss M. (1999) Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse. *Uddanneise*, 9.

Norris S. – Phillips L. (2003) How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. *Science Education* 87 (2).

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1999) *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*. OECD, Paris.

OECD (2000) *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*. OECD, Paris.

OECD (2001) *Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000*. OECD, Paris.

OECD (2002) *Reading for Change – Performance and Engagement across countries*. OECD, Paris.

OECD (2003a) *The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. OECD, Paris.

OECD (2003b) *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo). Summary of the final report "Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society"*. OECD, Paris.

OECD (2004) *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003*. OECD, Paris.

OECD (2005) *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*. OECD, Paris.

Osborne J. – Erduran S. – Simon S. – Monk M. (2001) Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *School Science Review* 82 (301).

Osborne J. – Simon S. – Collins S. (2003) Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education* 25 (9).

Rickinson M. (2001) Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence. *Environmental Education Research* 7 (3).

Roberts D. (1983) *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*. Science Council of Canada, Ottawa.

Schibeci R.A. (1984) Attitudes to Science: An Update. *Studies in Science Education* 11.

Schupp H. (1988) Anwendungsorientierter mathematikunterricht in der sekundarstufe I zwischen tradition und neuen impulsen. *Der Mathematikunterricht* 34 (6).

Steen L.A. (1990) *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. National Academy Press, Washington, D.C.

Steen L.A. (toim.) (1997) *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, The College Board, New York.

Stewart K. (1990) Change. Teoksessa: Steen L.A. (toim.) *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*. National Academy Press, Washington, D.C.

Sticht T.G. (toim.) (1975) *Reading for Working: A Functional Literacy Anthology*. Human Resources Research Organization, Alexandria.



Stiggins R.J. (1982) An Analysis of the Dimensions of Job-Related Reading. *ReadingWorld*, 82.

UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) (1993) *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All: Final Report*. UNESCO, Paris.

UNESCO (2003) UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015). *UNESCO International Science, Technology – Environmental Education Newsletter*, Vol. XXVIII, no. 1–2. UNESCO, Paris.

UNESCO (2005) *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*. UNESCO, Paris.

Weaver A. (2002) Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison. *International Journal of Sociology* 32 (1).

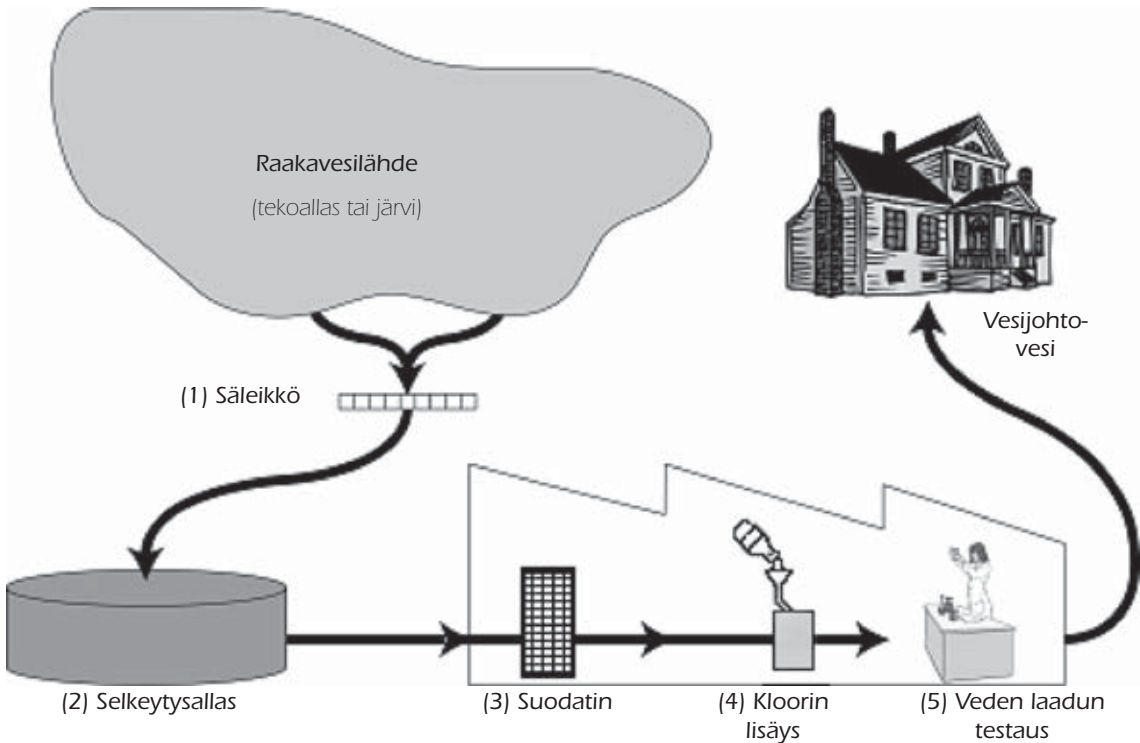
Liite **A**

LUONNONTIETEEN ESIMERKKITEHTÄVIÄ



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 1

Juomavesi



Yllä oleva kaavio esittää, miten kaupunkien talousvesi tehdään juomakelpoiseksi.

Tehtävä 1.1

On tärkeää, että käytössä on raakavesilähde, josta saadaan hyvälaatuista juomavettä. Maan pinnan alla olevaa vettä sanotaan *pohjavedeksi*.

Esitä yksi syy siihen, miksi pohjavedessä on vähemmän bakteereita ja saastehiukkasia kuin pintavesissä, esimerkiksi järvissä ja joissa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 1.1

Täydetyt pisteet

Koodi 11: Vastaukset, joissa viitataan pohjaveden suodattumiseen maa-ainesten läpi.

- Kulkiessaan hiekan ja tomun läpi vesi puhdistuu.
- Se on suodattunut luonnollisesti.
- Koska kun vesi kulkeutuu alas maa-ainesten läpi, kivet ja hiekka ikään kuin siivilöivät sen.

Koodi 12: Vastaukset, joissa viitataan siihen, että pohjavesi on maan sisällä suojassa mahdolliselta saastumiselta, TAI siihen, että pintavesi saastuu helpommin.

- Pohjavesi on maan sisällä, ja siksi ilman saasteet eivät voi liata sitä.
- Koska pohjavesi ei sijaitse avoimesti, vaan se sijaitsee jonkin alla.
- Järvet ja joet voivat saastua ilmasta käsin, niissä voi uida ja niin edelleen, joten siksi vesi ei ole puhdasta.
- Koska ihmiset ja eläimet saastuttavat järviä ja jokia.



Koodi 13: Muut oikeat vastaukset.

- Pohjavedessä ei juuri ole ravintoa bakteereille, joten ne eivät pysty elämään siinä.
- Pohjavesi ei sijaitse auringossa. Siellä ei ole sini- tai viherlevää.

Ei pisteitä

Koodi 01: Vastaukset, joissa mainitaan pohjaveden olevan hyvin puhdasta (annetun tiedon toisto).

- Koska se on puhdistettu.
- Koska järvissä ja joissa on roskaa. [Ei selitetä, miksi.]
- Koska siinä on vähemmän bakteereita.

Koodi 02: Vastaukset, joissa viitataan selvästi taustamateriaalin kaaviossa esitettyyn vedenpuhdistusprosessiin.

- Koska pohjavesi kulkee suodattimen läpi ja siihen lisätään klooria.
- Pohjavesi kulkee suodattimen läpi, joka puhdistaa sen täydellisesti.

Koodi 03: Muut vastaukset.

- Koska se on aina liikkeessä.
- Koska sitä ei sekoiteta eikä siihen siksi nouse pohjamutaa.

Koodi 99: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin tehtävä

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Maapallon ja avaruuden järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnonvarat

Käyttötilanne: Globaali

Tässä tehtävässä tarkastellaan kahta veden laadun ominaisuutta – hiukkas- ja bakteerisaastumista. Vastaaminen edellyttää luonnontieteellisen tiedon soveltamista sen selittämiseen, miksi käsittelemätön pohjavesi on vähemmän saastunutta kuin käsittelemätön pintavesi.

Puhtaan veden päivittäinen saatavuus on ihmisille tärkeää kaikkialla maailmassa, joskin asian näkyvyys vaihtelee tilanteen mukaan. Tehtävän luokittelu vastaa johdonmukaisesti sitä, että ilmiön selittämiseen tarvitaan tietoa luonnontieteiden sisällöistä.

Tehtävä toimi esikokeessa ja erotteli hyvin oppilaiden osaamistasoa. Vaikeusasteeltaan se oli kohtuullinen, koska oikein vastanneita oli noin kaksi kolmasosaa oppilaista.

Tehtävä 1.2

Vedenpuhdistus on usein monivaiheista, ja siinä käytetään erilaisia tekniikoita. Kaaviossa esitettyssä puhdistusprosessissa on neljä vaihetta (numeroitu 1–4). Toisessa vaiheessa vesi kerätään selkeytysaltaaseen.

Millä tavoin vesi tässä vaiheessa puhdistuu?

- A. Vedessä olevat bakteerit kuolevat.
- B. Veteen lisätään happaa.
- C. Sora ja hiekka laskeutuvat pohjaan.
- D. Myrkylliset aineet hajoavat.



Pisteytys ja huomautukset tehtävään 1.2

Täydet pisteet

Koodi 1: C. Sora ja hiekka laskeutuvat pohjaan.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: (Yksiosainen) monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tehtäväkokonaisuudessa käsitellään tapoja, joilla tekoaltaisiin ja järviin kerääntynyt vesi puhdistetaan ennen sen jakamista kotitalouksiin. Tässä tehtävässä tarvitaan selkeytysaltaan toimintaa koskevaa tietoa tai päättelyä. Siinä tutkitaan itse asiassa oppilaan tietoa sedimentaatiosta, jossa on kyse painovoiman vaikutuksesta vedessä oleviin hiukkasiin.

Esikoe osoitti tämän tehtävän olevan vaikeudeltaan keskitasoinen. Se erotteli osaamista hyvin, joskin toinen vaihtoehto (B) toimi jossain määrin hämäysvaihtoehtona.

Tehtävä 1.3

Puhdistusprosessin neljännessä vaiheessa veteen lisätään klooria.

Miksi veteen lisätään klooria?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 1.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa viitataan bakteerien (tai mikrobien tai virusten tai taudinsiemenien) poistamiseen, tuhoamiseen tai hajottamiseen.

- Jotta siitä saadaan bakteerit pois.
- Kloori tappaa bakteereita.
- Jotta kaikki levät tuhoutuisivat.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Vedestä tulee vähemmän hapanta eikä siinä ole leviä.
- Se on kuin fluoria.
- Jotta vesi puhdistuu paremmin ja saadaan tuhottua jäljelle jääneet oliot .
[”Olioita” ei ole tarkemmin määritelty.]
- Jotta se olisi puhdasta ja juomakelpoista.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin tehtävä

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen



Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tämän, kuten edellisenkin tehtävän käyttöympäristö on arkielämän kannalta tärkeä. Ihmisten tulisi tietää jotakin tavoista, joilla juomavettä käsitellään.

Selitettäessä, miksi veteen lisätään klooria, sovelletaan tietoa kloorin vaikutuksesta eliöihin. Tietoluokka on tämän vuoksi ”elolliset järjestelmät”.

Esikokeessa tehtävä toimi melko hyvin ja erotteli osaamista riittävästi. Kaiken kaikkiaan tehtävä oli vaikeusasteeltaan helppo tai keskiverto, mutta joissakin maissa se koettiin selvästi vaikeammaksi.

Tehtävä 1.4

Oletetaan, että vedentestauksesta vastaavat tutkijat vesilaitoksella huomaavat, että vedessä on vaarallisia bakteereita vielä puhdistusprosessin *jälkeenkin*.

Mitkä kodeissa olisi tehtävä tällaiselle vedelle ennen sen juomista?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 1.4

Täydet pisteet

Koodi 11: Vastaukset, joissa viitataan veden keittämiseen.

- Keitettävä se.

Koodi 12: Vastaukset, joissa viitataan muihin kotiloissa turvallisiin puhdistusmenetelmiin.

- Käsiteltävä vesi klooritableteilla (esimerkiksi Puratabseilla).
- Käytettävä mikrofilteriä.

Ei pisteitä

Koodi 01: Vastaukset, joissa viitataan ”ammattimaisiin” puhdistusmenetelmiin, joita ei voida käyttää kotiloissa, ainakaan turvallisesti.

- Sekoitettava siihen klooria ämpärissä ja sitten juotava se.
- Enemmän klooria, kemikaaleja ja biologisia välineitä.
- Tislattava vesi.

Koodi 02: Muut vastaukset.

- Puhdistettava se uudestaan.
- Käytettävä kahvinsuodatinta.
- Ostettava pullotettua vettä kunnes puhdistustoimenpiteet ovat ohi. [Ei vastaa itse kysymykseen.]

Koodi 99: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin tehtävä

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen



Tehtävässä oppilaan on tiedettävä, kuinka bakteereja voidaan tuhota tai poistaa vedestä kotiloissa. Tietoluokka on siksi "elolliset järjestelmät".

Tehtävä erotteli osaamista esikokeessa riittävän hyvin, ja vaikeusasteeltaan se koettiin eri maissa keskimäärin helpoksi tai keskiverroksi. Vaikeusasteen vaihtelu oli kuitenkin niin suurta eri maaryhmien välillä, että tehtävää ei otettu mukaan varsinaiseen tutkimukseen.

Tehtävä 1.5

Voiko säästuneen veden juominen aiheuttaa seuraavia terveysongelmia?

Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Voiko säästuneen veden juominen aiheuttaa tämän terveysongelman?	Kyllä vai Ei?
Diabetes	Kyllä / Ei
Ripuli	Kyllä / Ei
HIV / AIDS	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 1.5

Täydet pisteet

Koodi 1: Kolme oikeaa vastausta: Ei, Kyllä ja Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tässä tehtävässä arvioidaan tietämystä tiettyjen yleisten sairauksien (geeni-, bakteri- ja virusperäinen) tarttuvuudesta veden välityksellä.

Vaikka tehtävän edellyttämät taidot luokitellaan "ilmiöiden luonnontieteelliseen selittämiseen", kyseessä on alemman tason osaaminen, koska henkilön tarvitsee vastataksaan vain palauttaa mieleensä perustietoa. Tietoluokka on selvästi "elolliset järjestelmät".

Tehtävä oli melko helppo ja erotteli vastaajien osaamista suhteellisen hyvin. Tytöt vastasivat siihen oikein useammin kuin pojat.

**Tehtävä 1.6**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kultakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Veden bakteeripitoisuuden testaaminen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄
b) Raakaveden kemiallinen käsittely.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄
c) Tiettyjen tautien leviäminen juomaveden välityksellä.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Tehtävän tarkoituksena oli tutkia oppilaan kiinnostusta opiskella lisää juomavedeen liittyviä luonnontieteellisiä asioita. Tehtävä on sijoitettu tehtäväkokonaisuuden loppuun, jolloin oppilas tuntee asian, josta hänen mielipidettään kysytään.

Oppilaat osoittavat kiinnostuksensa kertomalla, missä määrin he ovat kiinnostuneita saamaan lisätietoa kolmenlaisesta veden saastumisesta ja tavoista käsitellä vettä juomakelpoiseksi.

Esikokeen monimuuttuja-analyysin tulokset osoittivat, että kaikki kolme kohtaa latautuvat tilastollisesti merkitsevästi ”kiinnostus”-faktorille. Erityisen oltiin kiinnostuneita oppimaan, mitkä taudit leviävät juomaveden välityksellä (kohta c) – ja sama päti muihinkin asioihin, jotka koskivat henkilökohtaista terveyttä ja turvallisuutta.



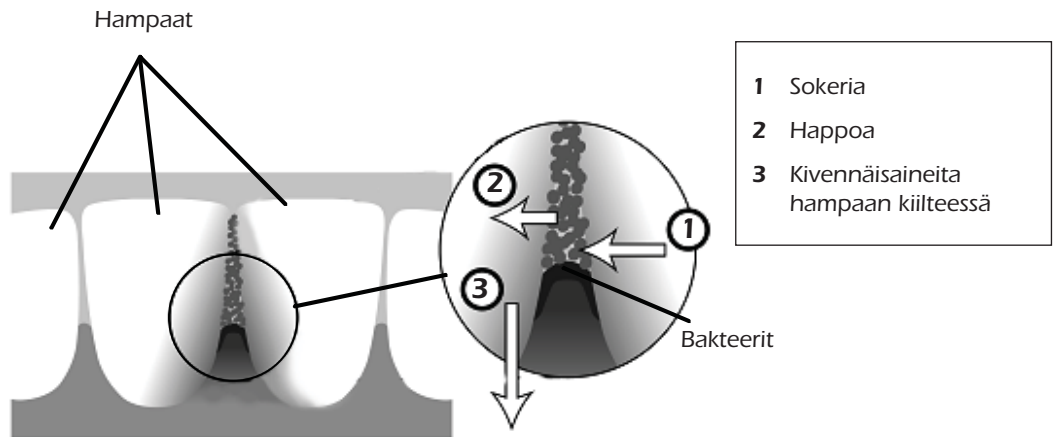
LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 2

Hampaiden reikiintyminen

Suussamme elävät bakteerit aiheuttavat hammaskariesta (hampaiden reikiintymistä). Karies on ollut ongelma 1700-luvulta lähtien, jolloin laajeneva sokeriruokotuotanto toi sokerin saataville.

Nykyään karieksesta tiedetään paljon, esimerkiksi seuraavaa:

- Kariesta aiheuttavat bakteerit käyttävät ravinnokseen sokeria.
- Sokeri muuntuu hapoksi.
- Happo vahingoittaa hampaiden pintaa.
- Hampaiden harjaus auttaa ehkäisemään kariesta.



Tehtävä 2.1

Mikä merkitys bakteereilla on hammaskarieksen synnyssä?

- A. Bakteerit tuottavat hammaskiillettä.
- B. Bakteerit tuottavat sokeria.
- C. Bakteerit tuottavat kivennäisaineita.
- D. Bakteerit tuottavat happoa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 2.1

Täydet pisteet

Koodi 1: D. Bakteerit tuottavat happoa.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö



Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

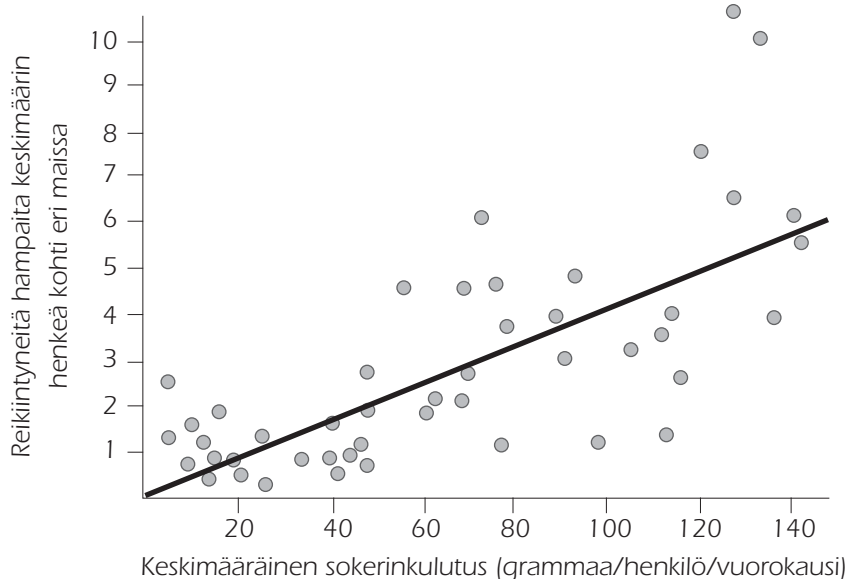
Oppilaat saavat tietoa hampaiden reikiintymisestä tehtävään liittyvästä kaavakuvasta ja sen oheistekstistä. Heidän tulee valita päätelmä, joka on johdettavissa annetusta tiedosta.

Koska tehtävässä tarvitaan luonnontieteellisestä osaamisesta vain kykyä käyttää annettua tietoa päättelyn tukena, arvioidaan siinä lähinnä vastaajan ”tietoa luonnontieteiden menetelmistä”.

Tehtävä toimi ja erotteli hyvin vastaajien osaamista esikokeessa sekä osoittautui suhteellisen helpoksi.

Tehtävä 2.2

Oheinen kaavio osoittaa sokerin kulutuksen ja kariuksen esiintymisen eri maissa.



Maat on merkitty kaavioon pienillä ympyröillä.

Mikä seuraavista väitteistä perustuu *kaavion esittämiin tietoihin*?

- A. Joissakin maissa ihmiset harjaavat hampaitaan säännöllisemmin kuin muissa maissa.
- B. Mitä enemmän ihmiset syövät sokeria, sitä todennäköisemmin he saavat kariuksen.
- C. Viime vuosina karies on lisääntynyt monissa maissa.
- D. Viime vuosina sokerin kulutus on lisääntynyt monissa maissa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 2.2

Täydet pisteet

Koodi 1: B. Mitä enemmän ihmiset syövät sokeria, sitä todennäköisemmin he saavat kariuksen.



Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tämä tehtävä toimi esikokeessa melko hyvin. Se oli vaikeudeltaan keskiverto ja erotteli vastaajien osaamista riittävästi.

Edellisen lailla tämäkin tehtävä edustaa tietoluokkaa "luonnontieteelliset selitykset" ja vastaajalta edellytettävä taito on "tieteellisen todistusaineiston käyttö". Tällä kertaa tieto (todistusaineisto) kuitenkin tarjotaan graafisessa muodossa. Tulkitakseen sitä oikein vastaajan on ymmärrettävä selkeästi, mitkä muuttujat siinä on esitetty.

Tehtävä 2.3

Eräässä maassa kansalaisilla on keskimäärin paljon reikiintyneitä hampaita.

Voidaanko seuraaviin kysymyksiin, jotka koskevat hampaiden reikiintymistä kyseisessä maassa, vastata luonnontieteellisten kokeiden avulla? Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin kysymyksen kohdalla.

Voiko tähän hampaiden reikiintymistä koskevaan kysymykseen vastata luonnontieteellisten kokeiden avulla?	Kyllä vai Ei?
Mikä vaikutus talousveden fluoraamisella olisi hampaiden reikiintymiseen?	Kyllä / Ei
Kuinka paljon hammaslääkärikäynnin tulisi maksaa?	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 2.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen



Tässä tehtävässä oppilaan on kyettävä erottamaan, mihin kysymyksiin voi vastata luonnontieteellisten kokeiden avulla ja mihin ei. Tehtävässä tarvitsee lähinnä soveltaa tietoja luonnontieteiden metodologiasta, joten se kuuluu menetelmätiedon luokkaan "luonnontieteellinen tutkimus". Taitoluokitus puolestaan on selkeästi "luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen".

Esikoe osoitti tehtävän olevan vaikeudeltaan keskiverto ja erottelevan hyvin vastaajien osaamista.

Tehtävä 2.4

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

		Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a)	Miltä hampaiden reikiintymistä aiheuttavat bakteerit näyttävät mikroskoopissa.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b)	Miten hampaiden reikiintymistä ehkäisevää rokotetta kehitetään.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c)	Miten sokerittomatkin ruoat voivat aiheuttaa hampaiden reikiintymistä.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus

Tämä tehtävä suunniteltiin arvioimaan oppilaiden kiinnostusta hampaiden reikiintymisen luonnontieteellisiä näkökulmia kohtaan. Kuten kaikki asenteita arvioivat tehtävät, on tämäkin sijoitettu tehtäväkokonaisuuden loppuun, jotta oppilaat tuntevat aiheen, josta heidän mielipidettään kysytään.

Esikokeen monimuuttuja-analyysit osoittivat, että kaikki kolme kohtaa latautuvat tilastollisesti merkitsevästi "kiinnostus"-faktorille.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 3

Kuumaa työtä

Tehtävä 3.1

Pekka remontoi vanhaa taloa. Hän on jättänyt autonsa tavaratilaan vesipullon, rautanauloja ja laudanpätkän. Kun auto on ollut auringossa kolme tuntia, lämpötila auton sisällä on noin 40 °C.

Miten käy autoon jääneille tavaroille? Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Käykö tavaroille näin?	Kyllä vai Ei?
Niiden kaikkien lämpötila on sama.	Kyllä / Ei
Jonkin ajan kuluttua vesi alkaa kiehua.	Kyllä / Ei
Jonkin ajan kuluttua rautanauulat alkavat hehkua punaisina.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 3.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tämä tehtäväkokonaisuus on erilainen kuin muut esimerkkitehtävät. Siinä ei ole varsinaista taustamateriaalia. Se on yksi niistä muutamista tehtäväkokonaisuuksista, jotka suunniteltiin parantamaan tietämystä suurimmista peruskäsitteisiin liittyvistä väärinkäsityksistä. Kuitenkin vain yksi tällainen tehtäväkokonaisuus otettiin varsinaiseen tutkimukseen. Syynä olivat paitsi tilarajoitukset myös oppilaiden tiedon puute yleisessä luonnontieteen osaamisessa, mikä kävi ilmi monissa tehtävissä.

Tehtävän esikokeen tulokset paljastivat merkittäviä väärinkäsityksiä oppilaiden keskuudessa: vähemmän kuin 20 % vastasi oikein ympyröimällä "Niiden kaikkien lämpötila on sama". Oikein ja väärin vastanneiden keskimääräisissä kyvyissä ei käytännössä ollut eroa. Pojat vastasivat tehtävään useammin oikein kuin tytöt. Toiseen ja kolmanteen väittämään vastasi kumpaankin oikein noin 75 % oppilaista.

**Tehtävä 3.2**

Juomisinaan Pekalla on kupillinen kuumaa kahvia, jonka lämpötila on noin 90 °C, sekä kupillinen kylmää kivennäisvettä, jonka lämpötila on noin 5 °C. Kupit ovat samanlaiset ja samankokoiset, ja kumpaakin juomaa on yhtä paljon. Pekka jättää kupit huoneeseen, jonka lämpötila on noin 20 °C.

Mikä on kahvin ja kivennäisveden lämpötila todennäköisesti 10 minuutin kuluttua?

- A. 70 °C ja 10 °C
- B. 90 °C ja 5 °C
- C. 70 °C ja 25 °C
- D. 20 °C ja 20 °C

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 3.2**Täydet pisteet**

Koodi 1: A. 70 °C ja 10 °C

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Kuten monien muidenkin "väärinkäsitystehtävien", myös tämän käyttöympäristö oli melko teennäinen, mikä oli lisäsyä jättää tällaiset tehtävät pois varsinaisesta tutkimuksesta.

Esikokeessa tehtävä näytti erottavan vastaajien osaamista riittävän hyvin. Noin 50 % oppilaista vastasi siihen oikein.



Tehtävä 3.3

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kultakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Miten kupin muoto vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti kahvi jäähtyy.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Atomien erilainen järjestäytyminen puussa, vedessä ja teräksessä.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Miksi erilaiset kiinteät aineet johtavat lämpöä eri tavoin.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Tässä tehtävässä mitataan kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan. Oppilaat ilmaisevat, missä määrin heitä kiinnostaa hankkia lisää tietoa aineiden rakenteen vaikutuksesta lämmön siirtymiseen. Tehtävä on tehtäväkokonaisuuden lopussa, jotta oppilaat ovat ehtineet tutustua aiheeseen, josta heidän mielipidettään kysytään.

Monimuuttuja-analyysi osoitti kaikkien kolmen väittämän liittyvän selkeästi ”kiinnostuksen” osoittamiseen. Muihin esikokeessa olleisiin aiheisiin verrattuna kiinnostus hankkia lisää luonnontieteellistä tietoa juuri tästä ympäristöstä oli hyvin vähäinen, etenkin kahden ensimmäisen väitteen kohdalla.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 4

Hiirirokko

On olemassa monia erityyppisiä rokkovirusia, jotka aiheuttavat rokkotauteja eläimissä. Kukin virustyyppi tarttuu yleensä vain yhteen eläinlajiin. Eräässä lehdessä kerrottiin, että muuan tutkija oli geeniteknologian avulla muunnellut hiirirokkoviruksen DNA:ta. Muunneltu virus tappaa kaikki tartunnan saaneet hiiret.

Tutkija sanoo virusten muuntelua koskevan tutkimuksen olevan tarpeen, jotta ihmisen ravintoa hävittäviä tuholaisia voitaisiin torjua. Tutkimuksen kritisoijat sanovat, että viruksia voi karata laboratorioista ja tarttua muihin eläimiin. He pelkäävät myös, että yhden eläinlajin muunneltu virus voisi tarttua toisiin lajeihin, erityisesti ihmisiin.

Erästä ihmisiin tarttuvaa rokkovirusta kutsutaan isorokoksi. Isorokko tappaa useimmat tartunnan saaneet ihmiset. Vaikka tämän taudin katsotaan hävinneen väestöstä, isorokkoviruskantoja säilytetään laboratorioissa ympäri maailmaa.

Tehtävä 4.1

Arvostelijat ovat ilmaisseet huolensa siitä, että hiirirokkovirus voisi tarttua muihinkin eläinlajeihin kuin hiiriin. Mikä seuraavista syistä selittää *parhaiten* tämän huolestumisen?

- A. Isorokkoviruksen geenit ja muunnellun hiirirokkoviruksen geenit ovat samanlaiset.
- B. Mutaatio hiirirokon DNA:ssa saattaisi mahdollistaa viruksen tarttumisen muihin eläimiin.
- C. Mutaatio voisi tehdä hiirirokon DNA:sta samanlaisen kuin isorokon DNA.
- D. Hiirirokkoviruksessa on sama määrä geenejä kuin muissakin rokkoviruksissa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 4.1

Täydet pisteet

Koodi 1: B. Mutaatio hiirirokon DNA:ssa saattaisi mahdollistaa viruksen tarttumisen muihin eläimiin.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Globaali

Käyttöympäristönä geenimuuntelu ja mutaatio – mukaan lukien syntyneiden uusien lajien vaikutukset vakiintuneisiin ekosysteemeihin sekä lajista toiseen ”hyppäävien” sairauksien vaarat – on erittäin ajankohtainen ja tärkeä.

Esikokeessa tämä tehtävä ei kuitenkaan toiminut. Se erotteli vastaajien osaamista huonosti. Maiden välinen osaamistason vaihtelu oli hyvin suurta, mikä kertonee siitä, että tehtävässä vaadittava luonnontieteen osa-alue ei kuulu kaikkien maiden opetussuunnitelmaan. Lisäksi hämäysvaihtoehdon C valinneiden oppilaiden osaamisen keskiarvo oli likimain sama kuin oikean vastauksen (B) valinneiden osaamisen keskiarvo. Näistä syistä tehtävää ei otettu varsinaiseen tutkimukseen.



Tehtävä 4.2

Eräs tutkimusta kritisoinut henkilö pelkäsi, että muunneltu hiirirokkovirus saattaisi karata laboratoriosta. Tällainen virus voisi tappaa jotkin hiirilajit sukupuuttoon.

Olisivatko alla mainitut seuraukset todennäköisiä, jos jotkin hiirilajit kuolisivat sukupuuttoon?

Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Olisiko tämä seuraus todennäköinen, jos jotkin hiirilajit kuolisivat sukupuuttoon?	Kyllä vai Ei?
Eräät ravintoketjut voisivat muuttua.	Kyllä / Ei
Kotikissat voisivat kuolla ravinnon puutteeseen.	Kyllä / Ei
Kasvit, joiden siemeniä hiiret syövät, voisivat tilapäisesti lisääntyä lukumäärältään.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 4.2

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Globaali

Jotta voisi vastata oikein tähän tehtävään, on tiedettävä ravintoverkoista. Oppilaan on osattava ennustaa ravintoverkon osien häviämisen vaikutukset, eikä niinkään päätellä asioita annetun todistusaineiston pohjalta. Siksi tehtävän taitoluokitus on "ilmiöiden selittäminen luonnontieteellisesti" ja tietoluokka "elolliset järjestelmät".

Esikokeessa tehtävä erotteli vastaajien osaamista riittävästi ja oli vaikeudeltaan keskiverto.

Tehtävä 4.3

Eräs yhtiö yrittää kehittää viruksen, joka tekisi hiiristä steriilejä (eli kyvyttömiä saamaan poikasia). Tällainen virus voisi auttaa rajoittamaan hiirten lukumäärää.

Oletetaan, että yhtiö onnistuu yrityksessään. Pitäisikö seuraavat kysymykset selvittää tutkimuksen avulla ennen kuin virus otetaan käyttöön?

Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Pitäisikö tähän kysymykseen vastata ennen kuin virus otetaan käyttöön?	Kyllä vai Ei?
Mikä on paras keino levittää virusta?	Kyllä / Ei
Kuinka pian hiiret tulevat immuuneiksi tälle virukselle?	Kyllä / Ei
Vaiuttaako virus muihin eläinlajeihin?	Kyllä / Ei



Pisteytys ja huomautukset tehtävään 4.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Kyllä, Kyllä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen/luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä) / luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tämä tehtävä toimi melko hyvin esikokeessa ja erotteli vastaajien osaamista riittävästi. Tehtävä oli vaikeusasteeltaan helpohkoa keskitasoa.

Tehtävää ei kuitenkaan otettu varsinaiseen tutkimukseen, sillä se mittaa huomattavassa määrin sekä "tietoa luonnontieteiden menetelmistä" että "tietoa luonnontieteiden sisällöistä". Päätellessä, pitäisikö kysymyksiin vastata ennen viruksen käyttöönottoa, tarvitaan tietoa elollisista järjestelmistä. Toisaalta päätellessä, voiko kysymyksiin vastata luonnontieteellisen tutkimuksen keinoin, tarvitaan tietoa luonnontieteiden menetelmistä.

Tehtävä 4.4

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Virusten rakenne.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄
b) Virusten muuntuminen mutaatioissa.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄
c) Elimistön puolustautuminen viruksia vastaan.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₅	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus

Tällä tehtävällä arvioidaan, missä määrin oppilaat ovat kiinnostuneita tehtäväkokonaisuuden elementeistä eli virusten käyttäytymisestä ja elimistön puolustautumisesta viruksia vastaan. Kuten kaikki asennetehtävät, tämäkin on sijoitettu tehtäväkokonaisuuden loppuun, jotta oppilaat olisivat ehtineet tutustua aiheeseen ennen kuin heidän mielipidettään kysytään.

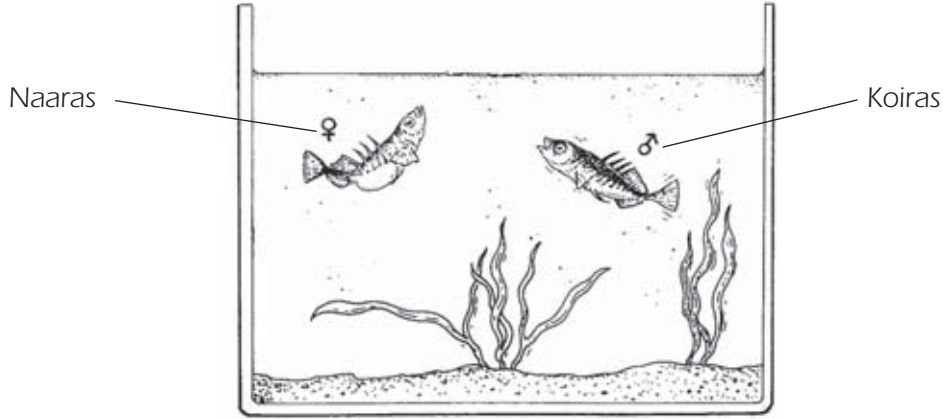
Esikokeen monimuuttuja-analyysin tulokset osoittivat, että kaikki kolme kiinnostuksen kohdetta latautuvat "kiinnostus"-faktorille. Elimistön puolustautuminen viruksia vastaan (kohta c) herätti enemmän kiinnostusta kuin kaksi muuta väittämää.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 5

Kolmipiikin käyttäytyminen

Kolmipiikki on makean veden kala, joka viihtyy hyvin akvaariossa.

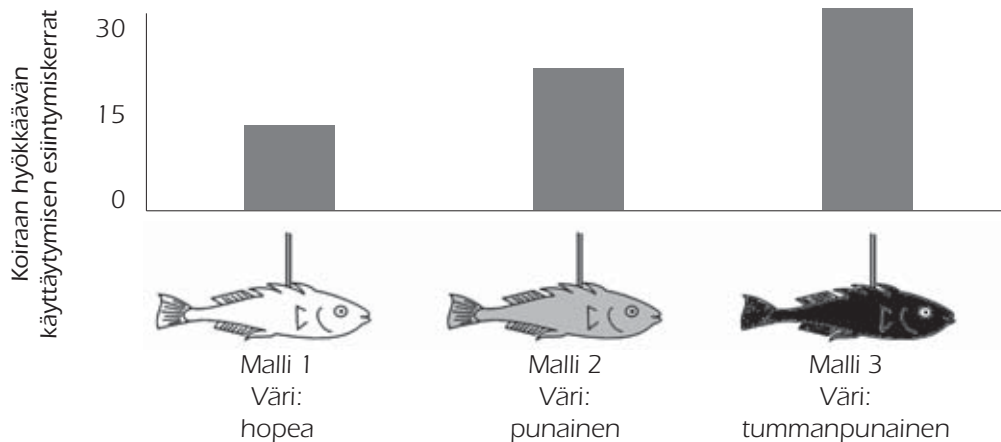


- Lisääntymiskauden aikana kolmipiikkikoiraan vatsa muuttuu hopeanvärisestä punaiseksi.
- Kolmipiikkikoiras hyökkää kaikkien reviirilleen tunkeutuvien kilpailevien koiraiden kimppuun ja yrittää karkottaa ne.
- Jos hopeanväriäinen naaras lähestyy, koiras yrittää ohjata sen pesälleen, jotta naaras laskisi mätimunansa sinne.

Eräs oppilas haluaa kokeen avulla tutkia, mikä laukaisee kolmipiikkikoiraan hyökkäävän käyttäytymisen.

Kolmipiikkikoiras on yksin oppilaan akvaariossa. Oppilas on tehnyt kolme vahamallia, jotka on kiinnitetty rautalanganpätkiin. Hän ripustaa ne yksi kerrallaan akvaarioon samanpituisiksi ajaksi. Sen jälkeen oppilas laskee, montako kertaa kolmipiikkikoiras käyttäytyy hyökkäävästi tökkimällä vahamallia.

Kokeen tulokset on esitetty oheisessa kaaviossa.





Tehtävä 5.1

Kirjoita kysymys, johon tällä kokeella haetaan vastausta.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 5.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Mikä väri saa kolmipiikkikoiraan käyttäytymään hyökkäävimmin?

- Reagoiko kolmipiikkikoiras hyökkäävämmiin punaiseen malliin kuin hopeanväriseen?
- Onko värin ja aggressiivisen käyttäytymisen välillä yhteys?
- Aiheuttaako kalan väri koiraan hyökkäävän käyttäytymisen?
- Mitä kalan väriä kolmipiikki pitää uhkaavimpana?

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset (kaikki vastaukset, joissa ei viitata ärsykkeeseen/mallin/kalan väriin).

- Mikä väri herättää kolmipiikkikoiraan hyökkäävän käytöksen? [Ei vertailevaa näkökulmaa.]
- Vaikuttaako kolmipiikkikoiraan väri koiraan hyökkäävyyteen? [Ensimmäinen koe ei liity kalan sukupuoleen.]
- Mihin malliin kolmipiikkikoiras reagoi hyökkäävimmin? [Vastaajan on viitattava nimenomaan kalan/mallin väriin.]

Koodi 9: Puuttuva tieto.

Tehtävämuoto: Laaja avoin tehtävä

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tehtävässä annetaan kaikki vastaamiseen tarvittava tieto ja siksi tehtävä luokitellaan ”tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä”. Käyttöympäristön luokittelu (henkilökohtainen; luonnontieteen ja teknologian rajoilla) vastaa viitekehyksen avainkohtaa ”jotta voisi ymmärtää luontoa”.

Esikokeessa tehtävä erotteli riittävästi vastaajien osaamista. Se oli kuitenkin yleisesti ottaen vaikea – noin 25 % oppilaista vastasi siihen oikein. Tehtävää ei otettu varsinaiseen tutkimukseen. Sitä pidettiin sisällöltään vähemmän tärkeänä 15-vuotiaiden arkipäivässä kuin muita tutkimukseen tarjolla olleita tehtäväkokonaisuuksia ja lisäksi se oli melko suuritöinen luettavaksi.

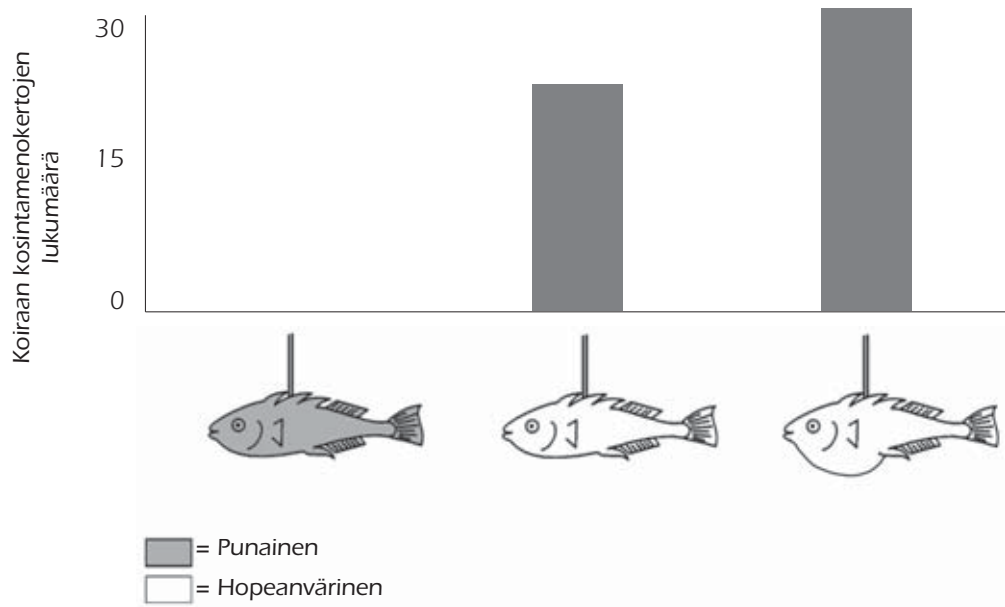


Tehtävä 5.2

Jos kolmipiikkikoiras kohtaa lisääntymiskautena naaraan, se yrittää houkutella naarasta pientä tanssia muistuttavin kosintamenoin. Toisessa kokeessa tutkittiin näitä kosintamenoja.

Nytkin käytettiin kolmea rautalankaan kiinnitettyä vahamallia. Yksi malli on punainen. Kaksi muuta ovat hopeanvärisiä, ja toisella niistä on litteä vatsa, toisella pyöreä. Oppilas laskee, montako kertaa (tietyn ajan kuluessa) kolmipiikkikoiras reagoi kuhunkin malliin kosintamenoin.

Kokeen tulokset on esitetty alla olevassa kaaviossa.



Kolme oppilasta tekee kukin oman päätelmänsä tästä toisesta kokeesta.

Pitävätkö heidän päätelmänsä paikkansa kaaviossa esitetyn tiedon valossa?

Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin päätelmän kohdalla.

Onko tämä päätelmä oikea kaaviossa esitetyn tiedon perusteella?	Kyllä vai Ei?
Punainen väri herättää kolmipiikkikoirassa kosintamenokäyttäytymisen.	Kyllä / Ei
Litteävatsainen kolmipiikkinaaras herättää kolmipiikkikoirassa eniten kosintakäyttäytymistä.	Kyllä / Ei
Kolmipiikkikoiras esittää kosintamenoja useammin pyöreävatsaiselle kuin litteävatsaiselle naaraalle.	Kyllä / Ei



Pisteytys ja huomautukset tehtävään 5.2

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Ei, Ei, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

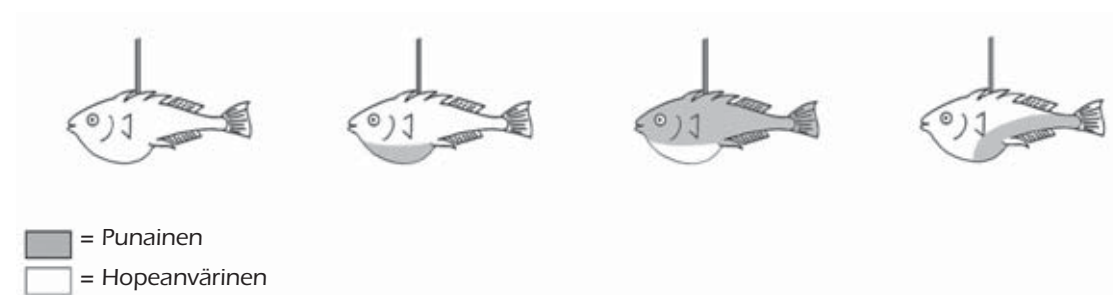
Tulkittaessa graafisesti esitettyä tietoa oppilas selittää sen sisältämiä merkityksiä tarvitsematta turvautua muuhun tietoon. Näin ollen tehtävän luokitellaan edustavan ”tietoa luonnontieteiden menetelmistä”, ja sen alaryhmää ”luonnontieteelliset selitykset”.

Esikokeessa tehtävä osoittautui suhteellisen helpoksi ja erotteli vastaajien osaamista erittäin hyvin. Tytöt osasivat vastata oikein useammin kuin pojat.

Tehtävä 5.3

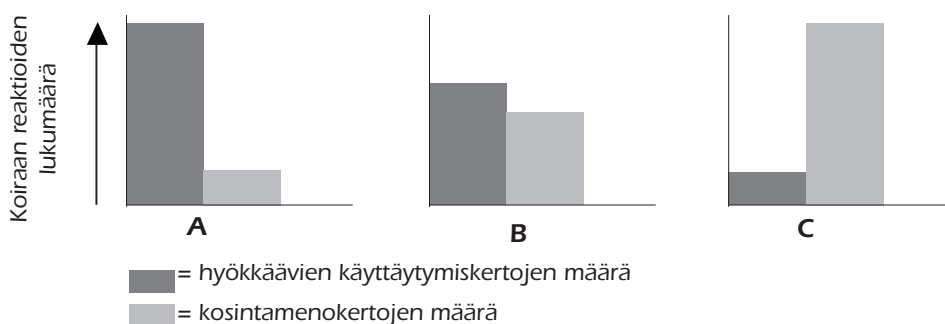
Kokeet ovat osoittaneet, että kolmipiikkikoiraat suhtautuvat hyökkäävästi malleihin, joilla on punainen *vatsa*, ja kosintamenoin malleihin, joilla on hopeanväriäinen *vatsa*.

Kolmannessa kokeessa käytettiin vuorotellen seuraavia neljää mallia:



Seuraavat kolme kaaviota esittävät kolmipiikkikoiraan mahdollisia reaktioita kuhunkin yllä kuvattuun malliin.

Minkä näistä reaktioista ennustaisit kohdistuvan kuhunkin malliin?





Kirjoita joko A, B tai C kunkin mallin tulokseksi.

	Reaktio
Malli 1	
Malli 2	
Malli 3	
Malli 4	

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 5.3

Täydet pisteet

Koodi 2: Kaikki neljä oikein: C, A, C, B, tässä järjestyksessä.

Osittaiset pisteet

Koodi 1: Kolme neljästä vastauksesta oikein.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva tieto.

Tehtävämuoto: Suppea avoin tehtävä

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tämä tehtävä ei toiminut hyvin esikokeessa. Se erotteli vastaajien osaamista huonosti. Vain noin kolmasosa kaikista oppilaista sai täydet tai osittaiset pisteet. Valitettavasti saatavilla ei ole tietoa siitä, mikä osa tehtävästä tuotti eniten vaikeuksia. Tytöt osasivat vastata useammin oikein kuin pojat.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 6

Tupakanpolitto

Tupakkaa poltetaan savukkeina, sikareina ja piipputupakkana. Tutkimusten mukaan tupakkaan liittyvät sairaudet tappavat päivittäin lähes 13 500 ihmistä maailmassa. On ennustettu, että tupakkaan liittyvät sairaudet aiheuttavat 12 % kaikista kuolemantapauksista maailmassa vuoteen 2020 mennessä.

Tupakansavu sisältää monia haitallisia aineita. Niistä vahingollisimpia ovat terva, nikotiini ja häkä.

Tehtävä 6.1

Tupakansavu kulkeutuu sisäänhengityksen mukana keuhkoihin. Savun sisältämä terva kertyy keuhkoihin ja estää niitä toimimasta kunnolla.

Mikä seuraavista on keuhkojen tehtävä?

- A. Pumpata hapettunutta verta kaikkialle elimistöön.
- B. Siirtää happea hengitysilma- vereen.
- C. Puhdistaa verta vähentämällä sen hiilidioksidipitoisuus nollaan.
- D. Muuntaa hiilidioksidimolekyylit happimolekyyleiksi.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 6.1

Täydet pisteet

Koodi 1: B. Siirtää happea hengitysilma- vereen.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Eri maiden edustajat kannattivat vahvasti tämän tehtäväkokonaisuuden sisällyttämistä varsinaiseen tutkimukseen. Juuri tämä tehtävä ei käsittele varsinaisesti tupakanpolttua, vaan keuhkojen toimintaa. Oppilaiden piti hyödyntää tietoaan keuhkojen toiminnasta suoriutuakseen tehtävästä. Luokitus on siis "tieto luonnontieteiden sisällöistä", ryhmä "elolliset järjestelmät".

Esikokeessa tehtävän todettiin olevan suhteellisen helppo ja erottelevan vastaajien osaamista riittävästi. Pojat vastasivat oikein jonkin verran useammin kuin tytöt.



Tehtävä 6.2

Tupakointi lisää riskiä sairastua keuhkosityöpään ja eräisiin muihin tauteihin.

Lisääkö tupakointi seuraavien sairauksien riskiä?

Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Lisääkö tupakointi riskiä sairastua tähän tautiin?	Kyllä vai Ei?
Keuhkoputkitulehdus	Kyllä / Ei
HIV/AIDS	Kyllä / Ei
Vesirokko	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 6.2

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tehtävän sisällöllä on merkitystä 15-vuotiaille. On tiedettävä, että HIV/AIDS ja vesirokko ovat virusten aiheuttamia, kun taas keuhkoputkitulehdus on keuhkosairaus ja siten todennäköisempi tupakoitsijoilla kuin tupakoimattomilla.

Tehtävä ei toiminut tyydyttävästi esikokeessa. Vaikka se yleisesti ottaen oli helppo ja noin 70 % oppilaista vastasi siihen oikein, osaaminen vaihteli suuresti maittain. Muutamissa maissa tehtävä erotteli vastaajien osaamista hyvin huonosti. Tytöt vastasivat tehtävään useammin oikein kuin pojat.



Tehtävä 6.3

Jotkut ihmiset käyttävät nikotiinilaastareita apuna tupakoinnin lopettamisessa. Laastarit kiinnitetään iholle ja niistä vapautuu nikotiiniä verenkiertoon, mikä auttaa lievittämään tupakanhimoa ja tupakoinnin lopettamisesta aiheutuvia vieroitusoireita.

Nikotiinilaastareiden tehon tutkimiseksi valitaan satunnaisesti 100 henkilön ryhmä tupakoitsijoita, jotka haluavat lopettaa tupakoinnin. Ryhmää on määrää tutkia kuuden kuukauden ajan. Nikotiinilaastareiden tehoa arvioidaan selvittämällä, kuinka moni ryhmästä ei ole jatkanut tupakointia tutkimusjakson loppuun mennessä.

Mikä seuraavista on *paras* koeasetelma?

- A. Kaikki ryhmän henkilöt käyttävät laastareita.
- B. Kaikki käyttävät laastareita paitsi yksi henkilö, joka yrittää lopettaa tupakoinnin ilman niitä.
- C. Henkilöt valitsevat itse, käyttävätkö he laastareita apuna tupakoinnin lopettamisessa vai eivät.
- D. Ryhmä jaetaan satunnaisesti valitsemalla kahtia: toinen puoli ryhmää käyttää laastareita ja toinen ei.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 6.3

Täydet pisteet

Koodi 1: D. Ryhmä jaetaan satunnaisesti valitsemalla kahtia: toinen puoli ryhmää käyttää laastareita ja toinen ei.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen/sosiaalinen

On kiistanalaista, onko tehtävässä kyseessä yksilön terveydestä huolehtiminen (jolloin käyttötilanne olisi "henkilökohtainen") vai yhteiskunnallinen terveydenhuolto (käyttötilanne olisi "sosiaalinen").

Voidakseen vastata oikein vastaajan on ymmärrettävä, että koeasetelmassa tarvitaan sopiva vertailuryhmä. Esikoe paljasti tehtävän olevan keskivaikea, mutta erottelevan hyvin vastaajien osaamista. Hämäysvaihtoehtoista B:tä käytettiin vähemmän kuin kahta muuta vaihtoehtoa. Tytöt vastasivat tehtävään useammin oikein kuin pojat.



Tehtävä 6.4

Ihmisiä koetetaan monin keinoin saada lopettamaan tupakointi.

Perustuvatko seuraavat tupakoinnin vähentämiskeinot *teknologiaan*?

Ympyröi kussakin kohdassa "Kyllä" tai "Ei".

Perustuuko tämä tupakoinnin vähentämiskeino teknologiaan	Kyllä vai Ei?
Savukkeiden hinnan nostaminen.	Kyllä / Ei
Tupakoinnin lopettamista helpottavien nikotiinilaastareiden valmistaminen.	Kyllä / Ei
Tupakoinnin kieltäminen julkisissa tiloissa.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 6.4

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Ei, Kyllä, Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Teknologiset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tällä tehtävällä haluttiin arvioida oppilaiden käsitystä teknologian alaan sisältyvistä asioista. Vaihtoehtoina ovat taloudellinen, teknologiskemiallinen ja lainsäädännöllinen lähestymistapa ihmisten tupakoinnin estämiseen. Tieto luonnontieteeseen perustuvan teknologian merkityksestä on viitekehyksessä luokiteltu "tiedoksi luonnontieteiden sisällöistä", ryhmään "teknologiset järjestelmät".

Tehtävä toimi hyvin esikokeessa. Analyysi osoitti sen olevan vaikeudeltaan keskitasoa ja erottelevan hyvin vastaajien osaamista.

**Tehtävä 6.5**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Miten tupakan sisältämä terva heikentää keuhkojen toimintaa.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Miksi nikotiini aiheuttaa riippuvuutta.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Kuinka elimistö toipuu tupakoinnin lopettamisen jälkeen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus

Monimuuttuja-analyysi osoitti ensimmäisen kohdan latautuvan yleisesti "kiinnostus luonnontieteeseen"-faktorille, mutta vielä enemmän faktorille, joka kuvaa kiinnostusta/huolehtimista terveydestä ja turvallisuudesta. Muut kaksi kohtaa toimivat eri maissa ristiriitaisesti. Vaikka tehtäväkokonaisuus olisi otettu mukaan varsinaiseen tutkimukseen, tämä tehtävä olisi näistä syistä jätetty pois.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 7

Tähtien valo

Tommi katselee mielellään tähtiä. Hänen on kuitenkin vaikea tarkkailla niitä öisin, koska hän asuu suuressa kaupungissa. ☆

Viime vuonna Tommi kävi maaseudulla ja näki paljon sellaisia tähtiä, jotka eivät näy kaupungissa. ☆ ☆ ☆ ☆ ☆

Tehtävä 7.1

Miksi maaseudulla voi nähdä paljon enemmän tähtiä kuin kaupungeissa?

- A. Kaupungissa kuu on kirkkaampi, ja se peittää alleen monien tähtien valon.
- B. Maaseudun ilmassa on enemmän valoa heijastavaa pölyä kuin kaupunki-ilmassa.
- C. Kaupungin kirkkaat valot vaikeuttavat monien tähtien näkymistä.
- D. Kaupungissa ilma on lämpimämpää, koska autot, koneet ja talot huokuvat lämpöä.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 7.1

Täydet pisteet

Koodi 1: C. Kaupungin kirkkaat valot vaikeuttavat monien tähtien näkymistä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Maapallon ja avaruuden järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Ympäristö

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Valitakseen oikean vastauksen tässä tehtävässä oppilas tarvitsee tietoa ulkopuolisen valon vaikutuksesta kykyyn erottaa tähtien valo. Siksi luokitus on "ilmiöiden selittäminen luonnontieteellisesti – maapallon ja avaruuden järjestelmät".

Tehtävä toimi melko hyvin esikokeessa. Se erotteli vastaajien osaamista riittävästi eikä sukupuolesta tai kulttuurista aiheutuvaa vinoumaa juuri esiintynyt. Tehtävään vastasi oikein noin 65 % oppilaista.

**Tehtävä 7.2**

Tommi käyttää kaukoputkea, jonka linssin halkaisija on suuri, voidakseen tarkkailla himmeästi näkyviä tähtiä.

Mistä syystä kaukoputkella, jossa on halkaisijaltaan suuri linssi, voidaan tarkkailla tähtiä, joilla on heikko valovoima?

- A. Mitä suurempi linssi on, sitä enemmän se kerää valoa.
- B. Mitä suurempi linssi on, sitä enemmän se suurentaa.
- C. Suuren linssin läpi näkyy enemmän taivasta.
- D. Suurella linssillä erottaa tähtien tummat värit.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 7.2**Täydet pisteet**

Koodi 1: A. Mitä suurempi linssi on, sitä enemmän se kerää valoa.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Muihin tutkimukseen valittavina olleisiin esikoetehtäviin verrattuna tämän tehtävän kannatus oli melko heikko eri maiden edustajien keskuudessa. Esikokeessa tehtävä erotteli vastaajia riittävästi ja oli vaikeudeltaan keskitasoinen. Hämäysvaihtoehto D oli yllättäen suosituimpi kuin oikea vastaus A (D:n valitsi 45 %, A:n noin 30 % oppilaista). Pojat vastasivat tehtävään oikein useammin kuin tytöt.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 8

Ultraääni

Monissa maissa voidaan ottaa kuvia sikiöstä (äitinsä kohdussa kehittyvästä vauvasta) ultraäänikuvauksen (kaikukuvauksen) avulla. Ultraääntä pidetään turvallisena sekä äidille että sikiölle.

Lääkäri pitää kädessään anturia ja liikuttelee sitä äidin vatsalla. Ultraääniaallot suunnataan vatsan sisäosiin. Kohdun sisällä ne heijastuvat sikiön pinnasta. Anturi poimii takaisin heijastuneet aallot ja välittää ne edelleen laitteeseen, joka muodostaa niistä kuvan.



Tehtävä 8.1

Jotta ultraäänilaitte voisi muodostaa kuvan, sen on laskettava sikiön ja anturin välinen *etäisyys*.

Ultraääniaaltojen nopeus niiden kulkiessa vatsan läpi on 1 540 m/s.
Mitä laitteen on mitattava, jotta se voisi laskea etäisyyden?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 8.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Sen on mitattava aika, joka ultraääniaallolta kuluu sen kulkiessa anturista sikiön pintaan ja heijastuessa sieltä takaisin.

- Aallon kulkemiseen kuluva aika.
- Aikaa.
- Aikaa. Matka = nopeus/aika. [Vaikka kaava on väärä, oppilas on tunnistanut oikein puuttuvan muuttujan eli "ajan".]
- Sen täytyy tunnistaa, milloin ultraääni kohtaa vauvan.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Välimatkaa.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen



Tämän tehtäväkokonaisuuden aiheella on suuri merkitys kansalaisten – erityisesti naisten – elämässä. Ensimmäinen tehtävä eroaa kokonaisuuden kahdesta muusta tehtävästä siinä, että se liittyy ennemminkin teknologian luonnontieteellisyyteen kuin teknologian vaikutukseen tai toimintaan. Pojat vastasivat tähän tehtävään useammin oikein kuin tytöt.

Esikokeessa tehtävään vastasi oikein vain noin 20 % oppilaista, mutta se näytti erottelevan vastaajien osaamista erittäin hyvin.

Tehtävä 8.2

Sikiöstä saisi kuvan myös röntgensäteiden (röntgenkuvausten) avulla.

Naisia kehoitetaan kuitenkin välttämään vatsan alueen röntgenkuvausta raskauden aikana.

Miksi naisten tulisi välttää vatsan alueen röntgenkuvausta raskauden aikana?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 8.2

Täydet pisteet

Koodi 1: Röntgensäteet ovat haitallisia sikiön soluille.

- Röntgensäteet vahingoittavat sikiötä.
- Röntgensäteet saattavat aiheuttaa sikiössä mutaation.
- Röntgensäteet voivat aiheuttaa sikiölle syntymävikoja.
- Koska vauva voisi saada säteilyä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Röntgensäteet eivät anna sikiöstä selvää kuvaa.
- Röntgensäteet aiheuttavat säteilyä.
- Lapsi voi saada Downin syndrooman.
- Säteily on vahingollista. [Vastaus ei ole riittävä. Mahdollinen vahingollisuus sikiölle (vauvalle) täytyy erikseen mainita.]
- Ne saattavat vahingoittaa naisen kykyä saada lapsia tulevaisuudessa. [Tästä syystä liiallista altistumista röntgensäteille tulee yleensä vältellä.]

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Avoin vastaus

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Esikoe osoitti tehtävän olevan helppo: oikein vastanneita oppilaita oli noin 75 %. Tehtävä erotteli vastaajien osaamista, eikä selkeitä maiden välisiä ongelmia ilmennyt. Odotetusti tytöt vastasivat tehtävään useammin oikein kuin pojat.



Tehtävä 8.3

Saadaanko odottaville äideille tehdyillä ultraäänitutkimuksilla vastauksia seuraaviin kysymyksiin? Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin kysymyksen kohdalla.

Saadaanko ultraäänitutkimuksella vastaus tähän kysymykseen?	Kyllä vai Ei?
Onko vauvoja enemmän kuin yksi?	Kyllä / Ei
Mikä on vauvan silmien väri?	Kyllä / Ei
Onko vauva suunnilleen normaalin kokoinen?	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 8.3

Täydetyt pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tähän tehtävään vastasi oikein noin 70 % vastaajista, joten sitä voi pitää melko helppona.

Tytöt vastasivat tehtävään oikein huomattavasti useammin kuin pojat.

Tehtävään voi vastata hyödyntämällä tietoaan ultraäänestä, joten se luokitellaan kuuluvaksi "fysikaalisiin järjestelmiin". Tehtävään voi kuitenkin vastata myös, jos on omakohtaista kokemusta ultraäänikuvantamistehtäviästä. Näille oppilaille tehtävään vastaaminen on muita helpompaa, minkä vuoksi tehtäväkokonaisuus päätettiin jättää pois varsinaisesta tutkimuksesta.

Tehtävä 8.4

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin rivillä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Kuinka ultraääni läpäisee elimistön vahingoittamatta sitä.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Röntgensäteiden ja ultraäänen erot.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Ultraäänen muut lääketieteelliset käyttötarkoitukset.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄



Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Monimuuttuja-analyysi osoitti, että kaikki kolme kohtaa latautuvat faktorille ”kiinnostus luonnontieteeseen”, mutta jokainen niistä latautui vahvemmin faktorille, joka mittaa kiinnostuneisuutta/huolestuneisuutta terveydestä ja turvallisuudesta. Kohtien a) ja c) lisäksi tämä koski kohtaa b), vaikka se ei liity niin suoraan terveys- ja turvallisuusasioihin, mikä voi johtua siitä, että tehtävän käyttöympäristö on vahvasti terveyskeskeinen.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 9

Huulikiilto

Seuraavassa taulukossa on kaksi erilaista reseptiä, joilla voit tehdä kotitekoista kosmetiikkaa.

Huulipuna on kiinteämpää kuin huulikiilto, joka on pehmeää ja rasvaista.

Huulikiilto Ainesosat: 5 g risiiniöljyä 0,2 g mehiläisvahaa 0,2 g palmuvahaa 1 teelusikallinen väriainetta 1 pisara elintarvikearomiainetta Valmistusohje: Kuumenna öljy ja vahat vesihautteessa, kunnes seos on tasainen. Lisää väriaine ja aromi. Sekoita.	Huulipuna Ainesosat: 5 g risiiniöljyä 1 g mehiläisvahaa 1 g palmuvahaa 1 teelusikallinen väriainetta 1 pisara elintarvikearomiainetta Valmistusohje: Kuumenna öljy ja vahat vesihautteessa, kunnes seos on tasainen. Lisää väriaine ja aromi. Sekoita.
---	---

Tehtävä 9.1

Huulikiilto ja huulipuna valmistetaan sekoittamalla öljyä ja vahoja. Sen jälkeen seokseen lisätään väriaine ja aromi.

Tämän reseptin mukaan valmistettu huulipuna on kovaa ja sitä on vaikea käyttää. Millä tavoin muuttaisit ainesosien suhteita tehdäksesi pehmeämmän huulipunan?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 9.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joista käy ilmi, että tulisi käyttää vähemmän vahaa JA/TAI enemmän öljyä.

- Käyttäisin vähemmän mehiläisvahaa ja palmuvahaa.
- Lisäisin enemmän risiiniöljyä.
- Laittaisin sekaan 7 g öljyä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Kuumentaisin seosta kauemmin, niin se pehmenisi.
- En lämmittäisi vahoja niin kauaa. [Tehtävässä kysytään, millä tavoin muuttaisit ainesosien suhteita.]

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen



Kosmetiikalla on aiheena jokapäiväistä merkitystä tämän ikäryhmän oppilaille, joskin voitaisiin olettaa, että tämä tehtäväkokonaisuus kiinnostaa enemmän tyttöjä kuin poikia.

Tehtävään voi vastata vertailemalla kahdessa reseptissä käytettyjen aineiden määriä ja sitä kautta päättelämällä, miksi toinen resepti tuottaa pehmeämpää ainetta kuin toinen. Siksi tehtävä on luokiteltu "tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä", ryhmään "luonnontieteelliset selitykset". Vastaamista kuitenkin helpottaa, jos on tietoa pääainesosien (öljyn ja vahan) ominaisuuksista. Tällöin tehtävä voidaan määritellä "tiedoksi luonnontieteiden sisällöistä" oppilaalta vaadittavan taidon ollessa "ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen".

Esikokeessa noin 65 % oppilaista vastasi tehtävään oikein. Tehtävä erotteli hyvin vastaajien osaamista, ja tytöt osasivat vastata oikein huomattavasti useammin kuin pojat.

Tehtävä 9.2

Öljyt ja vahat ovat aineita, jotka sekoittuvat hyvin keskenään. Vesi ei sekoitu öljyihin eivätkä vahat ole vesiliukoisia.

Mikä seuraavista vaihtoehtoista on todennäköisin lopputulos, jos huulipunaseokseen lisätään sitä lämmitettäessä runsaasti vettä?

- A. Tuloksena on rasvaisempi ja pehmeämpi seos.
- B. Seoksesta tulee kiinteämpi.
- C. Seos ei muutu juuri lainkaan.
- D. Seos kelluu veden pinnalla rasvaisina kokkareina.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 9.2

Täydet pisteet

Koodi 1: D. Seos kelluu veden pinnalla rasvaisina kokkareina.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tällä tehtävällä on vähemmän merkitystä arkielämässä kuin muilla tämän kokonaisuuden tehtävillä. Oppilaiden pitää päätellä taustamateriaalissa annetun tiedon perusteella, mikä tarjotuista vaihtoehtoista on oikea. Siksi tehtävän luokitellaan arvioivan "tietoa luonnontieteiden menetelmistä" ryhmässä "luonnontieteelliset selitykset". Noin 70 % oppilaista vastasi tehtävään oikein. Kuten tehtävään 9.1, vastasivat tytöt tähänkin useammin oikein kuin pojat.



Tehtävä 9.3

Öljyt ja vahat sekoittuvat hyvin veteen, kun niihin lisätään aineita, joita kutsutaan emulgaattoreiksi. Miksi huulipunaa voi pestä pois saippualla ja vedellä?

- A. Vesi sisältää emulgaattoria, jonka avulla saippua ja huulipuna sekoittuvat toisiinsa.
- B. Saippua toimii emulgaattorina, jonka avulla vesi ja huulipuna sekoittuvat.
- C. Huulipunaa sisältämät emulgaattorit mahdollistavat saippuan ja veden sekoittumisen.
- D. Saippua ja huulipuna yhdistyvät emulgaattoriksi, joka sekoittuu veteen.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 9.3

Täydet pisteet

Koodi 1: B. Saippua toimii emulgaattorina, jonka avulla vesi ja huulipuna sekoittuvat.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Muista tämän kokonaisuuden tehtävistä poiketen esikokeessa ei ilmennyt havaittavaa poikien ja tyttöjen välistä eroa tämän tehtävän osaamisessa. Kuten edellisessä tehtävässä, tässäkin piti valita vastaukseksi jokin neljästä vaihtoehdosta annetun taustamateriaalin tietojen perusteella. Siksi tällä tehtävällä on sama tieto- ja taitoluokitus.

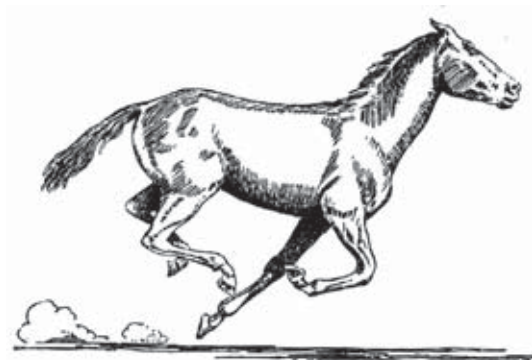
Tehtävä toimi ja erotteli vastaajien osaamista hyvin esikokeessa ja oli vaikeudeltaan keskitasoa.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 10





Evoluutio

Useimmat nykyajan hevoset ovat virtaviivaisia ja osaavat juosta nopeasti.



Tutkijat ovat löytäneet hevosenkaltaisten eläinten luurankofossiileja. He arvioivat näiden eläinten olevan nykyhevosien esi-isiä. Tutkijat ovat myös kyenneet määrittämään aikakauden, jolloin nämä fossiililajit elivät.

Oheisessa taulukossa on tietoa kolmesta tällaisesta fossiilista sekä nykyhevosesta.

ELÄIMEN NIMI:	HYRACOTHERIUM	MESOHIPPUS	MERYCHIPPUS	EQUUS (nykyhevonon)
Kausi, jolloin elänyt:	55–50 miljoonaa vuotta sitten	39–31 miljoonaa vuotta sitten	19–11 miljoonaa vuotta sitten	2 miljoonaa vuotta sitten nykyaikaan asti
Jalan luusto (samassa mitta- kaavassa):				

Tehtävä 10.1

Mikä taulukossa olevasta tiedosta viittaa vahvasti siihen, että nykyhevonon on aikojen kuluessa kehittynyt muista kolmesta eläimestä?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 10.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joista ilmenee ajatus asteittaisesta kehittämisestä (koko, varpaiden lukumäärä).

- Jalkojen luustoissa on paljon samaa, vaikka ne ovatkin vähitellen muuttuneet erilaisemmiksi.
- Varpaat kasvoivat yhteen aikakautena 55–2 miljoonaa vuotta sitten.
- Varpaiden lukumäärä on vähentynyt.



Ei pisteitä

Koodi 0: Vaillinainen vastaus.

- Jalka on muuttunut. [Ei ole riittävän tarkka vastaus.]
- Niiden kaikkien nimi on Hippus.
- Geneettiset mutaatiot ovat aiheuttaneet muodonmuutokset. [Vastaus on oikea, mutta siinä ei vastata kysymykseen.]
- Jalan luut ovat samankaltaiset. [Vastauksessa on mainittava tai siitä on käytävä muuten ilmi "asteittainen muutos".]

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Globaali

Vaikka tehtäväkokonaisuudessa arvioitavilla tiedoilla ei ehkä ole "merkitystä arkielämässä", ne liittyvät erääseen luonnontieteen tärkeimmistä "suurista kysymyksistä". Tehtäväkokonaisuus olisikin otettu varsinaiseen tutkimukseen, jos tehtävät olisivat toimineet paremmin esikokeessa.

Tehtävässä on laadittava luonnontieteellinen selitys taulukon tietoja vertailemalla. Siksi se on luokiteltu "tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä", ryhmään "luonnontieteelliset selitykset". Tehtävän tässä käsitelty versio on tarkistettu esikokeen jälkeen, sillä alkuperäisen version luotettava koodaaminen osoittautui hankalaksi.

Tehtävä 10.2

Millainen jatkotutkimus auttaisi tutkijoita selvittämään, miten hevonen on kehittynyt aikojen kuluessa?

Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin väittämän kohdalla.

Auttaisiko tämä tutkimus selvittämään, miten hevonen on kehittynyt aikojen kuluessa?	Kyllä vai Ei?
Verrataan eri aikakausina eläneiden hevosten lukumääriä.	Kyllä / Ei
Etsitään 50–40 miljoonaa vuotta sitten eläneiden hevosten esi-isien luurankoja.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 10.2

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Ei, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Globaali

Tehtävässä kysytään, mitä lisätietoa tulisi etsiä, jotta voitaisiin paremmin vastata luonnontieteelliseen kysymykseen. Tältä kannalta ajatellen oppilaalta vaaditaan jonkinasteista evoluution tai luonnon valinnan tuntemusta (eli "tietoa luonnontieteiden sisällöistä"). Tärkeintä tehtävässä kuitenkin on osata tunnistaa, onko esitetty tutkimus toteuttamiskelpoinen. Siksi tehtävä on luokiteltu "tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä", ryhmään "luonnontieteellinen tutkimus".

Tehtävä toimi esikokeessa melko hyvin. Se oli vaikeudeltaan keskitasoa, erotteli vastaajien osaamista riittävästi eikä siinä ilmennyt merkittäviä vinoumia maiden tai sukupuolen mukaan.

Tehtävä 10.3

Mikä seuraavista väittämistä sopii parhaiten tieteelliseen evoluutioteoriaan?

- A. Teoriaan ei ole syytä uskoa, koska lajien muuttumista ei voi nähdä.
- B. Evoluutioteoria on mahdollinen eläinten kohdalla, mutta sitä ei voi soveltaa ihmiseen.
- C. Evoluutio on tieteellinen teoria, joka tätä nykyä perustuu lukuisiin havaintoihin.
- D. Evoluutio on teoria, jonka paikkansapitävyys on todistettu tieteellisten kokeiden avulla.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 10.3

Täydet pisteet

Koodi 1: C. Evoluutio on tieteellinen teoria, joka tätä nykyä perustuu lukuisiin havaintoihin.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Globaali

Esikoe paljasti ongelmia tässä tehtävässä. Hämäysvaihtoehto D osoittautui lähes yhtä suosituksi vastausvaihtoehdoksi kuin oikea vastaus (C). Lisäksi tehtävän koetussa vaikeudessa oli huomattavia maiden välisiä eroja. Muutamissa maissa tehtävä erotteli vastaajien osaamista hyvin huonosti. Tässä versiossa olevan vaihtoehdon C sanamuotoa on hieman hiottu esikokeessa olleeseen verrattuna.

**Tehtävä 10.4**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Miten fossiilit voi tunnistaa.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Evoluutioteorian kehitys.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Nykyhevosen evoluutio.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Tällä tehtävällä haluttiin arvioida oppilaiden kiinnostusta evoluutioon. Kuten kaikki asennetta mittaavat tehtävät, tämäkin on sijoitettu tehtäväkokonaisuuden loppuun, jotta oppilaat olisivat ehtineet tutustua aiheeseen, josta heidän mielipidettään kysytään.

Monimuuttuja-analyysi osoitti, että kaikki kolme kohtaa latautuvat tilastollisesti merkitsevästi ”kiinnostus”-faktorille. Muille faktoreille ne latautuivat vain heikosti. Kohta c) latautui vähemmän kuin kohdat a) ja b).



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 11

Leipätaikina



Valmistaessaan leipätaikinaa leipuri sekoittaa keskenään jauhoja, vettä, suolaa ja hiivaa. Kun ainekset on sekoitettu, taikina jätetään astiaan useiksi tunneiksi, jotta siinä pääsee toimimaan käymisprosessi. Käymisen aikana taikinassa tapahtuu kemiallinen reaktio: hiiva (yksisoluisen sieni) muuntaa jauhojen sisältämän tärkkelyksen ja sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiiksi.

Tehtävä 11.1

Käyminen saa taikinan kohoamaan. Miksi taikina kohoaa?

- A. Taikina kohoaa, koska siinä muodostuu alkoholia, joka muuttuu kaasuksi.
- B. Taikina kohoaa, koska yksisoluiset sienet lisääntyvät siinä.
- C. Taikina kohoaa, koska siinä muodostuu erästä kaasua, hiilidioksidia.
- D. Taikina kohoaa, koska vesi muuttuu käymisen aikana höyryksi.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 11.1

Täydet pisteet

Koodi 1: C. Taikina kohoaa, koska siinä muodostuu erästä kaasua, hiilidioksidia.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Esikoe osoitti tehtävän erottelevan riittävästi vastaajien osaamista ja olevan vaikeudeltaan keskitasoa. Joissakin maissa vaihtoehdon A valinneiden oppilaiden taidot olivat kuitenkin keskimäärin lähes samantasoiset kuin oikean vastauksen (C) valinneiden oppilaiden taidot.

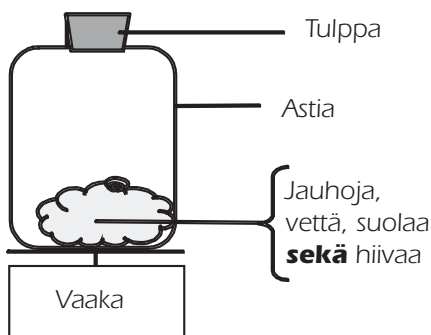


Tehtävä 11.2

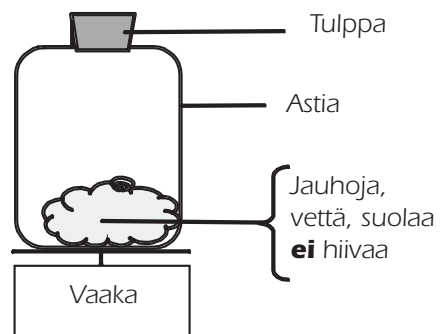
Kun taikinan sekoittamisesta on kulunut muutama tunti, leipuri punnitsee taikinan ja havaitsee, että sen massa on pienentynyt.

Taikinan massa on sama kunkin alla esitetyn neljän kokeen alussa. Mitä *kahta* koetta leipurin tulisi verrata selvittääkseen, aiheutuuko massan pienentyminen *hiivasta*?

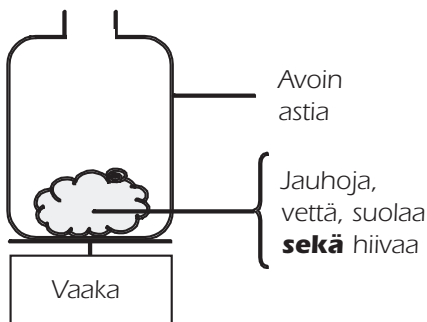
- A. Leipurin tulisi verrata kokeita 1 ja 2.
- B. Leipurin tulisi verrata kokeita 1 ja 3.
- C. Leipurin tulisi verrata kokeita 2 ja 4.
- D. Leipurin tulisi verrata kokeita 3 ja 4.



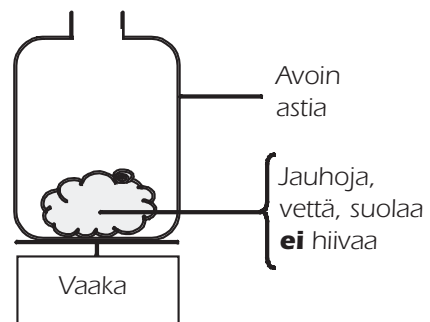
Koe 1



Koe 2



Koe 3



Koe 4

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 11.2

Täydet pisteet

Koodi 1: D. Leipurin tulisi verrata kokeita 3 ja 4.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Oikeaa vastausta valitessaan oppilaan on tunnistettava vaihdeltava muuttuja (hiiva/hiivattomuus) sekä tarkkailtavat muuttujat (muut ainesosat). Oppilaan pitää myös havaita, että tulppa astian suulla estää kaasun karkaamisen – toisin kuin kuvatussa tilanteessa tapahtuu. Näistä syistä tehtävä luokitellaan ”tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä”, ryhmään ”luonnontieteellinen tutkimus” ja taitoluokkaan ”luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen”.

Esikokeessa vain neljännes oppilaista vastasi tehtävään oikein. Lisäksi tehtävä erotteli huonosti vastaajien osaamista.

Tehtävä 11.3

Täikinaan sekoitettu hiiva muuntaa jauhojen sisältämän tärkkelyksen ja sokerit kemiallisessa reaktiossa, jossa muodostuu hiiliidioksidia ja alkoholia.

Mistä hiiliidioksidin ja alkoholin hiiliatomit ovat peräisin? Ympyröi ”Kyllä” tai ”Ei” kunkin selitysvaihtoehdon kohdalla.

Onko tämä oikea selitys hiiliatomien alkuperälle?	Kyllä vai Ei?
Jotkin hiiliatomit ovat peräisin sokereista.	Kyllä / Ei
Jotkin hiiliatomit kuuluvat suolamolekyyleihin.	Kyllä / Ei
Jotkin hiiliatomit ovat lähtöisin vedestä.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 11.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Kyllä, Ei, Ei, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Yksi vaihtoehto (selitys) poistettiin tehtävästä esikokeen jälkeen. Poistettu vaihtoehto valittiin vastaukseksi harvoin ja vaikutti haitallisesti siihen, kuinka tehtävä erotteli vastaajien osaamista. Korjatun tehtävän ennakoidaan olevan edelleen jokseenkin hankala, mutta erottelevan vastaajien osaamista riittävästi.

Vastatakseen oikein oppilaiden tarvitsee hyödyntää tietoaan sokerin, suolan ja veden molekyylitason ominaisuuksista. Se kuuluu tietoon luonnontieteiden (fysikaalisista) sisällöistä.

**Tehtävä 11.4**

Kun kohonnut (hapatettu) leipätaikina pannaan uuniin paistumaan, taikinassa olevat kaasu- ja höyrykuplat laajenevat.

Miksi nämä kaasut ja höyryt laajenevat lämmitessään?

- A. Niiden molekyylit suurenevat.
- B. Niiden molekyylit liikkuvat nopeammin.
- C. Niiden molekyylien lukumäärä lisääntyy.
- D. Niiden molekyylit törmäävät harvemmin toisiinsa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 11.4**Täydet pisteet**

Koodi 1: B. Niiden molekyylit liikkuvat nopeammin.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

Tällä tehtävällä arvioidaan, ymmärtääkö vastaaja aineen hiukkasmallia. Hämäysvaihtoehdot A ja C edustavat yleisiä väärinkäsityksiä. Kyseiset vaihtoehdot valitsi noin 25 % ja 20 % oppilaista. Noin 45 % oppilaista vastasi tehtävään oikein.

Esikokeessa tehtävä osoittautui vaikeudeltaan keskitasoiseksi ja vastaajien osaamista hyvin erottelevaksi. Tehtävän koetussa vaikeudessa oli kuitenkin maiden välistä vaihtelua, eikä sitä siksi pidetty erityisen sopivana varsinaiseen tutkimukseen.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 12

Venuksen ylikulku

Kesäkuun 8. päivänä vuonna 2004 ihmiset eri puolilla maapalloa saattoivat nähdä Venus-planeetan kulkevan Auringon editse. Tätä kutsutaan Venuksen "ylikuluksi". Se tapahtuu, kun Venus kulkee kiertoradallaan Auringon ja Maan välistä. Edellinen Venuksen ylikulku tapahtui vuonna 1882, ja seuraavan on ennustettu tapahtuvan vuonna 2012.

Alla on kuva Venuksen ylikulusta vuodelta 2004. Aurinkoon suunnattiin kaukoputki ja kuva heijastettiin valkoiselle pahville.



Tehtävä 12.1

Miksi ylikulkuä havainnoitiin heijastamalla kuva valkoiselle pahville eikä katsomalla sitä suoraan kaukoputken läpi?

- A. Auringon valon liiallinen kirkkaus esti Venusta näkymästä.
- B. Aurinko on tarpeeksi suuri katsottavaksi ilman suurentamista.
- C. Auringon katsominen kaukoputken läpi saattaa vahingoittaa silmiä.
- D. Kuvaa oli tarpeen pienentää heijastamalla se pahville.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 12.1

Täydet pisteet

Koodi 1: C. Auringon katsominen kaukoputken läpi saattaa vahingoittaa silmiä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen



Tehtäväkokonaisuus käsittelee aurinkokuntaa, joten näennäisesti tietoluokka voisi olla "maapallon ja avaruuden järjestelmät". Tehtävässä on kuitenkin kyse erittäin kirkkaan auringonvalon vaarallisuudesta silmille. Siksi tehtävä on luokiteltu "tiedoksi elollisista järjestelmistä".

Tehtäväkokonaisuutta ei suositeltu otettavaksi varsinaiseen tutkimukseen, koska katsottiin, että sen mielenkiintoisuus ja merkitys vähenisivät ajan kuluessa. Kokonaisuus ei myöskään toiminut hyvin esikokeessa.

Tämä tehtävä erotteli vastaajien osaamista nipin napin riittävästi ja oli yleensä vaikeudeltaan keskitasoa. Pojat osasivat vastata useammin oikein kuin tytöt. Joissakin maissa hämäysvaihtoehdon A valinneiden vastaajien osaaminen oli keskimäärin lähes samaa tasoa kuin oikean vastauksen (C) valinneilla oppilailla.

Tehtävä 12.2

Minkä seuraavista planeetoista voi Maasta katsoen nähdä kulkevan tiettyinä aikoina Auringon editse?

- A. Merkuriuksen.
- B. Marsin.
- C. Jupiterin.
- D. Saturnuksen.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 12.2

Täydet pisteet

Koodi 1: A. Merkuriuksen.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Maapallon ja avaruuden järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen/globaali

Käyttötilanteen luokitus on tässä tehtävässä ongelma. Tehtävä liittyy "maailmankaikkeuden rakenteeseen", mutta se tuskin on tietämyksen "rajoilla" maailmanlaajuisesti ymmärrettynä. Tehtävän voisi toisaalta katsoa käsittelevän pikemminkin "luonnon ymmärtämistä", ja siten se voitaisiin luokitella "henkilökohtaiseksi" (kuten kokonaisuuden muut tehtävät). Tehtävien käyttötilanteen ja sovellusalueen luokittelu on usein ongelmallista, ja on tärkeää muistaa, että luokitusten on vain tarkoitus taata kokeen aihevalikoiman riittävä laajuus.

Vastataksaan oikein oppilaan on ymmärrettävä, että Maan pinnalta voi nähdä vain Maan ja Auringon välillä sijaitsevien planeettojen ohikulut, ja tiedettävä Maan kiertoradan säteet suhteessa muihin planeettoihin.

Esikokeessa tehtävä osoittautui kaiken kaikkiaan vaikeaksi. Lisäksi koettu vaikeusaste vaihteli paljon maiden välillä. Pojat osasivat vastata tehtävään useammin oikein kuin tytöt. Tehtävä erotteli vastaajien osaamista juuri ja juuri hyväksyttävästi.



Tehtävä 12.3

Seuraavasta toteamuksesta on alleviivattu useita sanoja.

Tähtitieteilijät ennustavat, että myöhemmin tällä vuosisadalla tapahtuu Neptunuksesta katsoen Saturnuksen ylikulku Auringon editse.

Mitkä *kolme* näistä alleviivatuista sanoista olisivat hyödyllisimpiä, kun Internet- tai kirjastohaun avulla etsitään tietoa siitä, milloin tämä ylikulku tapahtuu?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 12.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa viitataan ainoastaan yhdistelmään ylikulku/Saturnus/Neptunus.
Saturnus/Neptunus/ylikulku.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset, esimerkiksi ne, jotka sisältävät 4 hakusanaa.
Ylikulku/Saturnus/Aurinko/Neptunus.
Tähtitieteilijät/ylikulku/Saturnus/Neptunus.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Suppea avoin tehtävä

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteen menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnontieteen ja teknologian rajoilla

Käyttötilanne: Henkilökohtainen

”Avainsanojen määrittäminen” etsittäessä tietoa jostakin aiheesta on määritelty viitekehyksessä yhdeksi osaksi ”luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistamisen” taitoa.

Tämä tehtävä toimi huonosti esikokeessa. Se osoittautui hyvin vaikeaksi: vain 13 % oppilaista vastasi siihen oikein. Tarkasteltavana olevan lauseen yhtäpitävä kääntäminen joillekin kielille aiheutti ongelmia, mikä lienee lisännyt tehtävän vaikeutta näissä maissa. Silti englanninkielisissäkin maissa oli oikeita vastauksia keskimäärin 13 %.



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 13

Terveysriski?

Kuvittele, että asut lähellä suurta kemikaalitehdasta, jossa valmistetaan lannoitteita maatalouden käyttöön. Viime vuosina monet alueen ihmisistä ovat kärsineet pitkäaikaisista hengitysvaikeuksista. Monet paikalliset asukkaat uskovat näiden oireiden johtuvan lähellä sijaitsevan kemiallisen lannoitetehtaan myrkyllisistä kaasupäästöistä.

Kemikaalitehtaan paikalliselle väestölle mahdollisesti aiheuttamista terveysriskeistä järjestettiin julkinen keskustelutilaisuus. Tutkijat esittivät tilaisuudessa seuraavat lausunnot.

Kemikaaliyhtiön palveluksessa työskentelevien tutkijoiden lausunto

”Olemme tutkineet paikallisen alueen maaperän myrkkypitoisuuden. Emme ole löytäneet keräämistämme näytteistä mitään merkkiä myrkyllisistä kemikaaleista.”

Asiasta huolestuneiden paikkakuntalaisten palkkaamien tutkijoiden lausunto

”Olemme tarkastelleet pitkäaikaisten hengitysvaikeuksien määrää tällä alueella ja verranneet sitä tapausmääriin alueilla, jotka sijaitsevat kaukana kemikaalitehtaasta. Tapauksia on enemmän kemikaalitehtaan lähialueella.”

Tehtävä 13.1

Kemikaalitehtaan omistaja käytti yhtiön palveluksessa olevien tutkijoiden lausuntoa perusteena väitteelle, että ”tehtaan kaasupäästöt eivät ole uhka paikallisen väestön terveydelle”.

Esitä yksi syy – muu kuin asukkaiden palkkaamien tutkijoiden esittämä – jonka perusteella voidaan epäillä, tukeeko yhtiön palveluksessa olevien tutkijoiden lausunto omistajan väitettä.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 13.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa esitetään hyväksyttävä syy epäillä, tukeeko lausunto omistajan väitettä.

- Hengitysvaikeuksia aiheuttavaa ainetta ei ehkä ole tunnistettu myrkylliseksi.
- Hengitysvaikeuksia aiheutuu ehkä vain ilmassa olevista kemikaaleista, ei maaperässä olevista.
- Myrkylliset aineet saattavat muuntua tai hajota ajan myötä ja näkyä maaperässä myrkyttömässä muodossa.
- Ei tiedetä, edustivatko näytteet koko kyseistä aluetta.
- Tutkijat saavat palkkansa kyseiseltä yhtiöltä.
- Tutkijat pelkäävät menettävänsä työpaikkansa.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Ympäristöuhat

Käyttötilanne: Sosiaalinen



Tehtäväkokonaisuuden käyttöympäristö on arkielämässä erityisen tärkeä, sillä se käsittelee yksilön kykyä tehdä valistuneita arvioita yhteiskunnallisista asioista luonnontieteellisen tiedon perusteella. Kokonaisuuden kummassakin tehtävässä tarkasteltava taito on "luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö".

Ensimmäisessä tehtävässä on arvioitava luonnontieteellisen tiedon asianmukaisuutta sekä tarjotun informaation riittävyttä ja uskottavuutta. Niinpä tehtävä luokitellaan "tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä", ryhmään "luonnontieteellinen tutkimus".

Tilastot kaikista maista osoittavat, että tehtävä toimi hyvin kaikkialla. Se oli vaikeudeltaan keskitasoa, erotteli vastaajien osaamista hyvin eivätkä tulokset vinoutuneet sukupuolen mukaan. Koettu vaikeusaste vaihteli kuitenkin huomattavasti maittain. Asiantuntijat ja eri maiden edustajat olivat myös jossain määrin haluttomia hyväksymään tehtävään vastauksia, jotka kyseenalaistavat luonnontieteellisen tutkimuksen lajomattomuuden. Näistä syistä tehtävää ei otettu mukaan varsinaiseen tutkimukseen.

Tehtävä 13.2

Huolestuneita kansalaisia edustavat tutkijat vertailivat kemikaalitehtaan läheisyydessä asuvien pitkäaikaisista hengitysvaikeuksista kärsivien ihmisten määrää toisen, kaukana tehtaasta sijaitsevan alueen asukkaiden hengitysvaikeuksista kärsivien määrään.

Mainitse yksi mahdollinen näiden kahden alueen välinen ero, jonka vuoksi voit arvella, että vertailu ei ollut pätevä.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 13.2

Tädet pisteet

Koodi 1: Vastausten tulisi keskittyä tutkittujen alueiden mahdollisiin tärkeisiin eroihin.

- Alueiden väkiluku saattaa olla erilainen.
- Toisella alueella saattaa olla paremmat terveyspalvelut kuin toisella.
- Iäkkäiden ihmisten osuus saattaa olla eri alueilla erilainen.
- Toisella alueella saattaa olla muita ilmansaasteita.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Alueiden väliset erot saattavat olla suuria.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisten ilmiöiden tunnistaminen

Tietoluokka: Luonnontieteellinen tutkimus (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Ympäristöuhat

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tässä tehtävässä oppilaan on tunnistettava muuttujat, joita ei ole valvottu ja jotka siis voivat vaikuttaa mittauksiloksiin. Koska tehtävä koskee pääasiassa kokeen suunnittelua, se luokitellaan jälleen kerran "tiedoksi luonnontieteiden menetelmistä" ryhmään "luonnontieteellinen tutkimus".

Esikoe osoitti, että tehtävä erottelee vastaajien osaamista hyvin, mutta tehtävä oli hyvin vaikea; ainoastaan noin 25 % oppilaista vastasi oikein.

**Tehtävä 13.3**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Maataloudessa käytettyjen lannoitteiden kemiallinen koostumus.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Mitä tapahtuu ilmakehään päässeille myrkyllisille kaasuille.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Kemiallisten päästöjen mahdollisesti aiheuttamat hengityselinten sairaudet.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Esikokeen monimuuttuja-analyysin tulokset osoittivat kaikkien kohtien liittyvän ”kiinnostukseen luonnontieteitä kohtaan”. Vaikka toinen ja kolmas kohta liittyvät selvästi terveyteen ja turvallisuuteen, niiden ei analyysin perusteella voitu katsoa edustavan ”kiinnostusta/huolta terveydestä ja turvallisuudesta”. Toinen ja kolmas kohta herättivät kohtalaisesti mielenkiintoa, kun taas ensimmäinen hyvin vähän.

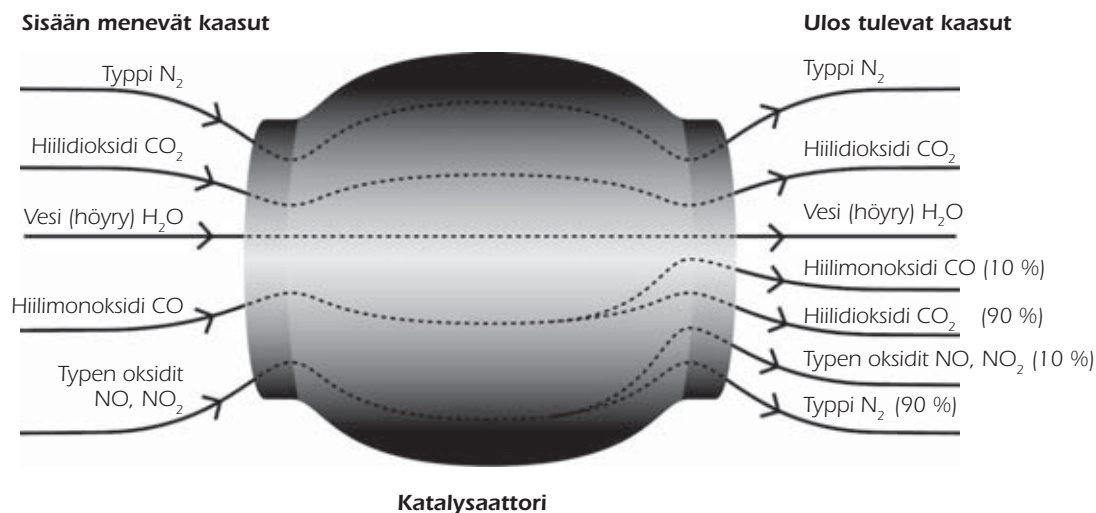


LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 14

Katalysaattori

Useimmat nykyautot on varustettu katalysaattorilla, joka muuntaa pakokaasut vähemmän haitallisiksi ihmisille ja ympäristölle.

Noin 90 % haitallisista kaasuista muuntuu vähemmän haitallisiksi. Ohessa on esitetty eräitä katalysaattoriin meneviä kaasuja sekä se, millaisina ne tulevat sieltä ulos.



Tehtävä 14.1

Anna yllä olevan kaavion tietojen perusteella *esimerkki* siitä, miten katalysaattori vähentää pakokaasujen haitallisuutta.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 14.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa mainitaan hiilimonoksidin (häkä) tai typen oksidien muuntuminen muiksi kaasuiksi tai aineiksi.

- Hiilimonoksidi/häkä muuttuu hiilidioksidiksi.
- Typen oksidit muuttuvat typeksi.
- Se muuntaa haitalliset kaasut haitattomiksi, esim. hiilimonoksidin hiilidioksidiksi (90 %).
- Haitalliset hiilimonoksidi ja typen oksidit muuttuvat vähemmän haitallisiksi hiilidioksidiksi ja typeksi.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Kaasuista tulee vähemmän haitallisia.
- Se puhdistaa hiilimonoksidin ja typen oksidit. [Vastaus ei ole riittävän tarkka.]

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)/luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Ympäristö

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Ilmakehän saastuminen ajoneuvojen pakokaasuista on arkielämän kannalta merkittävä asia useimmille kansalaisille, vaikka sen merkitys kaupunki- ja maaseutuasukkaille onkin erilainen. Ennalta odotettiin, että esikokeen vastauksia analysoitaessa ilmenisi tulosten vinoutuminen sukupuolen mukaan siten, että tämä tehtäväkokonaisuus suosisi poikia. Näin ei kuitenkaan käynyt.

Yleensä oppilaat soveltavat tässä tehtävässä tietämystään siitä, mitkä pakokaasut ovat myrkyllisiä tai haitallisia ympäristölle ja mitkä eivät. Näiden vastaajien kohdalla tehtävän voidaan luokitella edustavan ”tietoa luonnontieteiden sisällöistä”, ryhmässä ”fysikaaliset järjestelmät”. Kaavion tiedoista voidaan kuitenkin myös päätellä, että koska hiilimonoksidi ja typen oksidit ovat ainoat kaasut, joiden määrä vähenee katalysoittorissa, täytyy joko toisen tai kummankin niistä olla haitallinen. Tällä tavoin pohtiville tehtävän luonnontieteellinen päättely on kaavion tulkintaa, joten tehtävä voidaan niin ikään luokitella kuuluvaksi ”tietoon luonnontieteiden menetelmistä”, ryhmässä ”luonnontieteelliset selitykset”.

Tehtävä 14.2

Kaasut muuttuvat katalysoittorin sisällä. Selitä *atomien JA molekyylien* avulla, mitä tapahtuu.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 14.2

Täydetyt pisteet

Koodi 2: Vastaukset, joissa ilmaistaan perusajatus atomien järjestyksestä uudelleen eri molekyyleiksi käyttämällä **molempia** termejä.

- Molekyylit pilkkoutuvat ja atomit yhdistyvät uudelleen eri molekyyleiksi.
- Atomit järjestyvät uudelleen eri molekyyleiksi.

Osittaiset pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa esitetään oikea perusajatus, mutta ei mainita nimenomaan sekä atomeja että molekyylejä TAI ei eroteta selkeästi atomien ja molekyylien roolia.

- Atomit järjestyvät uudelleen eri aineiksi.
- Molekyylit muuttuvat toisiksi molekyyleiksi.
- Atomit ja molekyylit yhdistyvät ja eroavat, jolloin syntyy vähemmän haitallisia kaasuja. [Atomien ja molekyylien roolia ei ole eroteltu riittävästi.]
- $2(\text{NO}_2) = \text{N}_2 + 2\text{O}_2$.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset, kuten pelkän taustamateriaalissa annetun tiedon toisto.

- Hiilidioksidi muuttuu hiilimonoksidiksi.
- Molekyylit hajoavat pienemmiksi atomeiksi. [Ei viitata siihen, että atomit järjestyvät uudelleen.]

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Ympäristö

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tässä tehtävässä arvioidaan, kuinka hyvin oppilas ymmärtää kemiallisen reaktion tapahtumat ja sen osaset (atomit ja molekyylit). Siksi tehtävä on luokiteltu "tiedoksi luonnontieteiden sisällöistä", ryhmään "fysikaaliset järjestelmät".

Tehtävä oli oppilaille erittäin vaikea esikokeessa. Noin 15 % sai täydet pisteet ja suunnilleen saman verran oppilaita vastasi osittain oikein.

Tehtävä 14.3

Tarkastele katalysaattorista lähteviä kaasuja. Mainitse jokin ongelma, joka katalysaattoreita kehittävien insinöörien ja tutkijoiden tulisi yrittää ratkaista, jotta pakokaasuista saataisiin entistä haitattomampia?

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 14.3

Täydet pisteet

Koodi 1: Hyväksyttävissä vastauksissa viitataan haitallisten kaasujen (hiilimonoksidi/häkä ja typen oksidit) tehokkaampaan poistamiseen TAI hiilidioksidin poistamiseen ilmakehään pääsevistä kaasuista.

- Kaikki hiilimonoksidi/häkä ei muutu hiilidioksidiksi.
- Tarpeeksi suuri osa typen oksideista ei muutu typeksi.
- Kasvattaa hiilidioksidiksi muuttuvan hiilimonoksidin prosenttiosuutta sekä typeksi muuttuvien typen oksidien prosenttiosuutta.
- Tuotettu hiilidioksidi pitäisi ottaa talteen eikä päästää sitä ilmakehään.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

- Haitallisten kaasujen täydellisempi muuntaminen haitattomammiksi. [Ainakin yksi haitallinen pakokaasu on mainittava.]
- Heidän täytyy yrittää saada päästöjä vähentymään.
- Heidän pitäisi keksiä keino kierrättää pakokaasut.
- Heidän pitäisi yrittää valmistaa ajoneuvo, joka kulkee jollain muulla nestemäisellä polttoaineella.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Fysikaaliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Ympäristö

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tehtävässä tarvitaan samoja tietoja ja taitoja kuin kokonaisuuden ensimmäisessä tehtävässä (14.1). Siksi toinen niistä olisi jätetty pois, jos tehtäväkokonaisuus olisi otettu mukaan varsinaiseen tutkimukseen.

**Tehtävä 14.4**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Miten autojen polttoaineet eroavat tuottamiensa myrkyllisten kaasujen määrän suhteen.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Mitä katalysaattorin sisällä tapahtuu.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Ajoneuvot, jotka eivät tuota myrkyllisiä pakokaasuja.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenteita koskeva

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Monimuuttuja-analyysi osoitti, että kaikki kolme kohtaa latautuvat tilastollisesti merkitsevästi "kiinnostus luonnontieteeseen" -faktorille. Lisäksi näytti olevan vähäistä latautumista faktorille, jonka ajateltiin kuvaavan kiinnostusta/huolestuneisuutta terveydestä ja turvallisuudesta. Kaikkein eniten latautuneisuutta oli kohdalla c).



LUONNONTIETEEN TEHTÄVÄ 15

Suuret kirurgiset toimenpiteet

Teho-osastojen leikkaussaleissa tehtävät suuret kirurgiset toimenpiteet ovat välttämättömiä monien sairauksien hoidossa.



Tehtävä 15.1

Kun potilaille tehdään suuria kirurgisia toimenpiteitä, heidät nukutetaan, jotta he eivät tuntisi kipua. Nukutusaine annostellaan usein kaasumaisena nenän ja suun peittävän kasvomaškin avulla.

Vaikuttavatko nukutuskaasut seuraaviin ihmiselimistön toimintoihin?

Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin toiminnon kohdalla.

Vaikuttavatko nukutuskaasut tämän elinjärjestelmän toimintaan?	Kyllä vai Ei?
Ruoansulatus	Kyllä / Ei
Hermosto	Kyllä / Ei
Hengityselimet	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 15.1

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Ei, Kyllä, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Henkilökohtainen/sosiaalinen

Kirurgista hoitoa vaativia sairauksia esiintyy perheissä silloin tällöin, joten tehtäväkokonaisuuden käyttöympäristö täyttää viitekehyksessä esitetyn ”tärkeys arjessa” -kriteerin. Käyttötilanne luokitellaan ”henkilökohtaiseksi” tai ”sosiaalseksi” sen mukaan, arvioidaanko tilannetta potilaan vai sairaalan näkökulmasta.

Esikokeessa tehtävä erotteli vastaajien osaamista yleensä ottaen heikosti, mikä johtuu pääasiassa viimeisen vaihtoehdon (”hengityselimet”) erittäin huonosta erottelevuudesta.

Tehtävä 15.2

Selitä, miksi leikkaussaleissa käytettävät kirurgiset välineet steriloidaan.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 15.2

Täydet pisteet

Koodi 21: Oppilas mainitsee tarpeen taata, ettei välineissä ole bakteereja, JA sen, että välineet ovat kosketuksissa potilaan elimistöön.

- Jotta bakteerit eivät pääsisi potilaan elimistöön aiheuttamaan tulehduksia.
- Jotta elimistöön ei pääse toisen kirurgisessa toimenpiteessä olleen potilaan bakteereja.

Osittaiset pisteet

Koodi 12: Oppilas mainitsee tarpeen taata, ettei välineissä ole bakteereja, MUTTA ei sitä, että välineet ovat kosketuksissa potilaan elimistöön.

- Se tappaa niissä olevat bakteerit.

Koodi 11: Oppilas mainitsee sen, että välineet ovat kosketuksissa potilaan elimistöön, MUTTA ei tarvetta taata, että niissä ei ole bakteereja.

- Jotta potilas ei saa tulehdustartuntaa.
- Jotta ehkäistään tautien tarttuminen.

Ei pisteitä

Koodi 01: Muut vastaukset.

- Jotta ne pysyisivät puhtaina.
- Koska potilaat ovat haavoittuvaisessa tilassa kirurgisen toimenpiteen aikana.

Koodi 99: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen



Tämä tehtävä erotteli vastaajien osaamista esikokeessa erittäin hyvin ja oli vaikeudeltaan keskitasoa. Tytöt vastasivat oikein useammin kuin pojat.

Koodaajilla oli usein hankaluuksia erotella koodien 11 ja 12 vastauksia. Kaksinumeroista koodausta ei olisi käytetty, jos tämä tehtävä olisi otettu mukaan varsinaiseen tutkimukseen.

Tehtävä 15.3

Potilaat eivät aina voi syödä tai juoda leikkauksen jälkeen, minkä vuoksi heidät pannaan tiputukseen. Tiputusneste koostuu vedestä, sokereista ja mineraalisuoloista, minkä lisäksi nesteeseen lisätään joskus myös antibiootteja ja rauhoittavia lääkkeitä.

Miksi liuokseen lisätty sokerit ovat tärkeitä leikkauksesta toipuvalle potilaalle?

- A. Ne estävät elimistön kuivumisen.
- B. Ne hillitsevät leikkauksenjälkeistä kipua.
- C. Ne hoitavat leikkauksenjälkeisiä tulehduksia.
- D. Ne takaavat välttämättömän ravinnonsaannin.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 15.3

Täydet pisteet

Koodi 1: D. Ne takaavat välttämättömän ravinnonsaannin.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Elolliset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Terveys

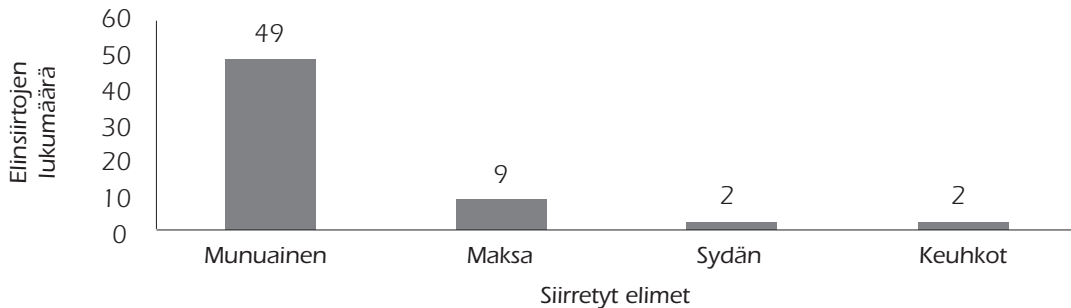
Käyttötilanne: Henkilökohtainen/sosiaalinen

Esikokeen tulokset osoittivat tämän tehtävän olevan erittäin helppo ja erottelevan vastaajien osaamista riittävästi. Noin 70 % oppilaista vastasi tehtävään oikein.



Tehtävä 15.4

Elinsiirrot ovat laajoja kirurgisia toimenpiteitä, jotka ovat jatkuvasti yleistymässä. Oheisessa kaaviossa on esitetty eräässä sairaalassa vuonna 2003 tehtyjen elinsiirtojen lukumäärät.



Voidaanko yllä olevan kaavion perusteella päätellä seuraavasti?

Ympyröi "Kyllä" tai "Ei" kunkin päätelmän kohdalla.

Voidaanko kaavion perusteella päätellä näin?	Kyllä vai Ei?
Jos keuhkot siirretään, täytyy myös sydän siirtää.	Kyllä / Ei
Munuaiset ovat ihmisen tärkein elin.	Kyllä / Ei
Useimmat elinsiirtopotilaat ovat kärsineet munuaissairauksista.	Kyllä / Ei

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 15.4

Täydet pisteet

Koodi 1: Oikeat vastaukset: Ei, Ei, Kyllä, tässä järjestyksessä.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Koostettu monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Terveys

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tässä tehtävässä arvioidaan, kuinka hyvin oppilas osaa tulkita graafisesti esitettyä tieteellistä tietoa ja tehdä sen perusteella asianmukaisia päätelmiä. Tehtävässä ei tarvita ulkopuolista tietoa ja siksi sen luokitellaan testaavan "tietoa luonnontieteiden menetelmistä", ryhmässä "luonnontieteelliset selitykset".

Tehtävä oli esikokeessa erittäin toimiva, vaikeudeltaan keskiverto, ja erotteli hyvin vastaajien osaamista.

**Tehtävä 15.5**

Kuinka kiinnostunut olet seuraavista asioista?

Rastita vain yksi ruutu kullakin riviltä.

	Kiinnostaa paljon	Kiinnostaa kohtalaisesti	Kiinnostaa vähän	Ei kiinnosta
a) Kirurgisten instrumenttien sterilointi.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
b) Erilaiset käytössä olevat nukutusaineet.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄
c) Potilaan tajunnan tason tarkkaileminen leikkauksen aikana.	<input type="checkbox"/> ₁	<input type="checkbox"/> ₂	<input type="checkbox"/> ₃	<input type="checkbox"/> ₄

Tehtävämuoto: Asenne

Asenne: Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun

Tehtävä suunniteltiin arvioimaan oppilaiden kiinnostusta kirurgian luonnontieteelliseen puoleen. Kuten kaikki asennetehtävät, on tämäkin sijoitettu tehtäväkokonaisuuden loppuun, jotta oppilaat ovat ehtineet tutustua aiheeseen, josta heidän mielipidettään kysytään.

Monimuuttuja-analyysi esikokeen tuloksista osoitti, että kaikki kolme kohtaa latautuvat tilastollisesti jonkin verran "kiinnostus luonnontieteeseen" -faktorille. Merkitsevämmin se latautui faktorille, joka kuvaa kiinnostusta/huolta terveydestä ja turvallisuudesta. Ilmaistun kiinnostuksen määrä vaihteli siten, että eniten kiinnostusta herätti viimeinen ja vähiten ensimmäinen kohta.

Tuulienergian tuottaminen

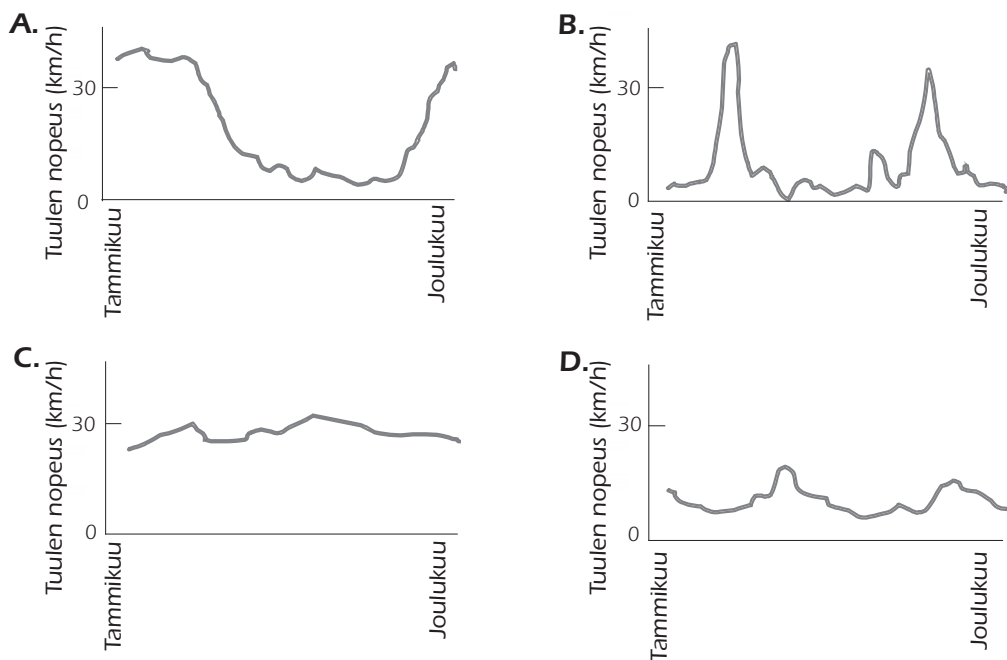
Monet ovat sitä mieltä, että öljyn ja kivihiilen käyttö sähköntuotantolaitosten energianlähteenä tulisi korvata tuulivoimalla. Kuvassa näkyvät rakennelmat ovat tuulivoimaloita, joiden siipiä tuuli pyörittää. Siipien pyöriminen muuntuu tuulivoimalan generaattorissa sähköenergiaksi.



Tuulipuisto

Tehtävä 16.1

Alla olevat kaaviot esittävät keskimääräisiä vuotuisia tuulen nopeuksia neljällä eri paikkakunnalla. Mikä kaavioiden paikkakunnista vaikuttaa sopivimmalta sähköä tuottavan tuulivoimalan rakennuspaikaksi?



Pisteytys ja huomautukset tehtävään 16.1

Täydet pisteet

Koodi 1: C.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Teknologiset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)/luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnonvarat

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tiedotusvälineissä esiintyy tämän tästä huoli fossiilisten polttoaineiden käytöstä sähköntuotannossa. Vaihtoehtoisilla energian tuotantomuodoilla on vaikutusta ihmisten elämään ja näkemyksiin ympäristöasioista. Maiden edustajista oli erittäin tärkeää sisällyttää tämä tehtäväkokonaisuus varsinaiseen tutkimukseen.

Tässä tehtävässä oppilaiden tulee tietää, että energiaa voidaan tuottaa sitä enemmän, mitä kovemmin tuulee, ja että energianjakelun kannalta tuulen tasainen jatkuvuus on eduksi. Tämän puolesta tehtävä luokituu "tiedoksi luonnontieteiden sisällöistä", ryhmään "teknologiset järjestelmät". Graafista tietoa on lisäksi tulkittava edellä mainitun tiedon valossa, jolloin luokituksena voisi olla myös "tieto luonnontieteiden menetelmistä", ryhmä "luonnontieteelliset selitykset".

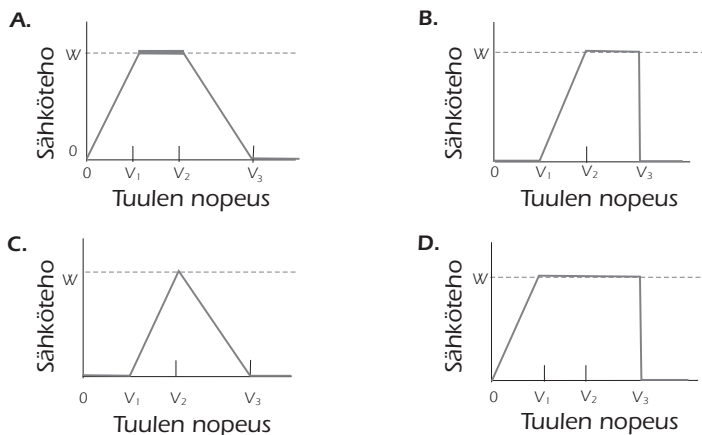
Tämän tehtävän esikokeessa käytetty versio osoittautui hyvin helpoksi: 75 % oppilaista vastasi oikein. Tässä esitellyssä versiossa vaihtoehto C:n kuvaajaa on laskettu vähän alemmas, mikä saattaa hieman vaikeuttaa tehtävää.

Tehtävä 16.2

Mitä kovemmin tuulee, sitä nopeammin tuulivoimalan siivet pyörivät ja sitä enemmän syntyy sähköä. Tuulen nopeuden ja sen tuottaman sähkötehon välillä ei kuitenkaan ole suoraa riippuvuussuhdetta. Seuraavassa on esitetty neljä periaatetta, jotka ohjaavat tuulivoimalan toimintaa todellisissa olosuhteissa.

- Tuulivoimalan siivet alkavat pyöriä, kun tuulen nopeus yltää tasolle V_1 .
- Sähköntuotanto toimii maksimiteholla (W), kun tuulen nopeus on V_2 .
- Turvallisuussyistä siipien pyörimisnopeus ei enää kasva, kun tuulen nopeus on suurempi kuin V_2 .
- Siivet lakkaavat pyörimästä, kun tuulen nopeus on V_3 .

Mikä seuraavista kuvaajista esittää parhaiten tuulen nopeuden ja sähkötehon välistä riippuvuutta näiden periaatteiden ollessa voimassa?





Pisteytys ja huomautukset tehtävään 16.2

Täydet pisteet

Koodi 1: B.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Luonnontieteellisen todistusaineiston käyttö

Tietoluokka: Luonnontieteelliset selitykset (tieto luonnontieteiden menetelmistä)

Sovellusalue: Luonnonvarat

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Vastatakseen kysymykseen oppilaiden on verrattava mainittuja periaatteita esitettyihin kuvaajiin. Toimintaehdot ovat pikemminkin teknistä tietoa kuin varsinaisia empiirisiä tuloksia. Tehtävää ei sisällytetty varsinaiseen tutkimukseen, sillä sen pelättiin mittaavan pääasiassa matemaattista osaamista. Lisäksi tehtävän ensimmäinen lause tarjosi tietoa, joka olisi helpottanut aiempaan tehtävään vastaamista.

Esikokeessa tehtävä osoittautui vaikeudeltaan keskitasoiseksi ja vastaajien osaamista riittävästi erottelevaksi. Useissa maissa hämäysvaihtoehdon C valinneiden vastaajien keskimääräinen osaaminen oli melkein samaa tasoa kuin oikean vastauksen (B) valinneiden osaaminen.

Tehtävä 16.3

Mitä korkeammalla merenpinnasta tuulivoimalat sijaitsevat, sitä hitaammin ne pyörivät, kun tuulen nopeus on sama.

Mikä seuraavista syistä selittää parhaiten sen, miksi tuulivoimaloiden siivet pyörivät hitaammin korkeilla paikoilla tuulen nopeuden ollessa sama?

- A. Ilman tiheys pienenee, kun korkeus merenpinnasta kasvaa.
- B. Lämpötila laskee, kun korkeus merenpinnasta kasvaa.
- C. Painovoima vähenee, kun korkeus merenpinnasta kasvaa.
- D. Sataa useammin, kun korkeus merenpinnasta kasvaa.

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 16.3

Täydet pisteet

Koodi 1: A. Ilman tiheys pienenee, kun korkeus merenpinnasta kasvaa.

Ei pisteitä

Koodi 0: Muut vastaukset.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.



Tehtävämuoto: Monivalinta

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Maapallon ja avaruuden järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnonvarat

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Eri maiden edustajat pitivät tätä, kuten muitakin tämän kokonaisuuden tehtäviä, suositeltavana sisällytettäväksi varsinaiseen tutkimukseen. Esikokeessa ilmeni kuitenkin ongelmia, joiden vuoksi tehtävä hylättiin. Tehtävän koettu vaikeus vaihteli maiden välillä ja vaihtoehto D hämäsi vastaajia melko huonosti. Pojat vastasivat tehtävään useammin oikein kuin tytöt.

Tehtävä 16.4

Kerro tuulivoiman yksi erityinen etu ja yksi erityinen haitta verrattuna sähköntuotantoon, jossa käytetään fossiilisia polttoaineita kuten kivihiiltä tai öljyä.

Etu

Haitta

Pisteytys ja huomautukset tehtävään 16.4

Täydet pisteet

Koodi 2: Vastaukset, joissa kuvaillaan yhtä etua ja yhtä haittaa.

Pisteytyskommentti: Tuulivoimalan kustannukset voidaan nähdä joko etuna tai haittana näkökulmasta riippuen (esim. perustamiskustannukset vai ylläpitokustannukset). Näin ollen pelkkä ”kustannusten” mainitseminen ei riitä vastaukseksi edusta tai haitasta, jollei sitä ole tarkemmin selitetty.

[Etu]

- Ei synny hiilidioksidipäästöjä (CO_2).
- Ei kuluta fossiilisia polttoaineita.
- Tuuli ei energianlähteenä kulu loppuun.
- Kun tuulivoimala on rakennettu, sähköntuottaminen on halpaa.
- Ei synny jätettä ja/tai myrkyllisiä päästöjä.
- Käyttää luonnon omaa voimaa tai puhdasta energiaa.
- Ympäristöystävällistä ja kestää pitkän aikaa.

[Haitta]

- Tuotantoa ei voi sovittaa kysyntään. [Koska tuulen nopeutta ei voi säädellä.]
- Tuulivoimaloille sopivia paikkoja on rajoitetusti.
- Liian voimakkaat tuulet voivat vahingoittaa tuulivoimaloita.
- Yksi tuulivoimala tuottaa verraten vähän sähköä.
- Joissakin tapauksissa syntyy melusaastetta.
- Joskus aiheutuu lintukuolemia, kun linnut törmäävät roottoreihin.
- Luonnonmaisema muuttuu. [Visuaalinen haitta.]
- Tuulivoimaloiden rakentaminen on kallista.



Osittaiset pisteet

Koodi 1: Vastaukset, joissa kuvataan joko oikea etu tai oikea haitta (kuten täysien pisteiden esimerkeissä), mutta ei molempia.

Ei pisteitä

Koodi 0: Vastaukset, joissa ei esitetä yhtään (edellisten esimerkkien kaltaista) oikeaa etua tai oikeaa haittaa. Seuraavassa on yksittäisiä esimerkkejä eduista tai haitoista, joita ei hyväksytä vastaukseksi.

- Se on hyväksi ympäristölle tai luonnolle. [Vastaus on yleinen arvoarvostelma.]
- Se on haitaksi ympäristölle tai luonnolle.
- Maksaa vähemmän rakentaa tuulivoimala kuin fossiilisia polttoaineita hyödyntävä voimalaitos. [Vastauksessa ei oteta huomioon, että yhden fossiilisia polttoaineita hyödyntävän voimalaitoksen tuottaman energiamäärän korvaamiseksi tulisi rakentaa lukuisia tuulivoimaloita.]
- Se ei maksaisi niin paljon.

Koodi 9: Puuttuva vastaus.

Tehtävämuoto: Laaja avoin vastaus

Taito: Ilmiöiden luonnontieteellinen selittäminen

Tietoluokka: Teknologiset järjestelmät (tieto luonnontieteiden sisällöistä)

Sovellusalue: Luonnonvarat

Käyttötilanne: Sosiaalinen

Tähän tehtävään on olemassa paljon oikeita ja osittain oikeita vastauksia. Tästä aiheutui esikokeessa koodausvaikeuksia. Useimmat vaikeuksista liittyivät vastauksiin, joissa puhuttiin "kustannuksista". Siksi tähän versioon lisättiin "pisteytyskommentti" selventämään tämäntyyppisten vastausten arviointia.

Liite **B**

PISA-TUTKIMUKSEN ASiantuntijaryhmät



Luonnontieteiden asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja

Rodger Bybee

Biological Sciences Curriculum Study

Colorado Springs, Yhdysvallat

Ewa Bartnik

Varsovan yliopisto

Varsova, Puola

Peter Fensham

Monashin yliopisto

Queensland, Australia

Paulina Korsnakova

Department of Educational Measurement

Bratislava, Slovakian tasavalta

Robert Laurie

Department of Education of New Brunswick

New Brunswick, Kanada

Svein Lie

Oslo yliopisto

Blindern, Norja

Pierre Malléus

Ministère de l'Éducation nationale

Champigneulles, Ranska

Michelina Mayer

National Institute for the Evaluation of Instructional Systems

Rooma, Italia

Robin Millar

Yorkin yliopisto

York, Iso-Britannia

Yasushi Ogura

National Institute for Educational Policy Research

Tokio, Japani

Manfred Prenzel

Kielin yliopisto

Kiel, Saksa

Andrée Tiberghien

Lyonin yliopisto

Ste Foy les Lyon, Ranska

Lukemisen asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja

John de Jong

Language Testing Services

Oranjestraat, Alankomaat

Irwin Kirsch

Educational Testing Service

Princeton, New Jersey, Yhdysvallat

Marilyn Binkley

National Center for Educational Statistics

Washington, D.C., Yhdysvallat

Alan Davies

Edinburghin yliopisto

Skotlanti, Iso-Britannia

Stan Jones

Statistics Canada

Nova Scotia, Kanada

Dominique Lafontaine

Liègen yliopisto

Liège, Belgia

Pirjo Linnakylä

Jyväskylän yliopisto

Jyväskylä, Suomi

Martine Rémond

IUFM de Créteil

Pariisin yliopisto 8

Andresy, Ranska



Matematiikan asiantuntijaryhmä

Puheenjohtaja

Jan de Lange

Utrechtin yliopisto

Utrecht, Alankomaat

Werner Blum

Kasselin yliopisto

Kassel, Saksa

John Dossey

Illinoisin osavaltion yliopisto

Eureka, Illinois, Yhdysvallat

Zbigniew Marciniak

Varsovan yliopisto

Varsova, Puola

Mogens Niss

IMFUFA, Roskilden yliopisto

Roskilde, Tanska

Yoshinori Shimizu

Tsukuban yliopisto

Tsukuba-shi, Ibaraki, Japani



OPETUSMINISTERIÖ

Undervisningsministeriet

MINISTRY OF EDUCATION

Ministère de l'Éducation

Opetusministeriön julkaisuja 2010:4

ISBN 978-952-485-835-9 (nid.) | ISBN 978-952-485-836-6 (PDF)

ISSN 1458-8110 (Painettu) | ISSN 1797-9501 (PDF)

OECD:n alkuperäisjulkaisu englanniksi ja ranskaksi:

Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy:

A Framework for PISA 2006

Compétences en sciences, lecture et mathématiques:

Le cadre d'évaluation de PISA

Suomenkielinen käännös:

Liisa Leppänen, Merja Jauhainen, Erja Tenhonen ja Heli Mäntyranta

Käännöksen asiasisällön tarkastus: Pekka Arinen ja Tiina Mäkelä

Kielentarkastus: Eeva Rontu

Paino: Yliopistopaino, 2010

© 2008 Opetusministeriö. Suomenkielinen painos on julkaistu

OECD:n luvalla. Vastuu suomenkielisen käännöksen laadusta ja yhdenmukaisuudesta alkuperäisen tekstin kanssa on opetusministeriöllä.

2006 © 2006 OECD PISAT, OECD/PISAT ja PISA-logo ovat

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestön OECD:n

tavaramerkkejä. OECD:n tavaramerkkien kaikki käyttö ilman

OECD:n kirjallista lupaa on kielletty.

Luonnontieteiden, lukemisen ja matematiikan osaamisen arviointi

PISA 2006 -VIITEKEHYS

Ovatko oppilaat valmiita kohtaamaan tulevaisuuden haasteet? Osaavatko he analysoida, päätellä ja ilmaista tehokkaasti ideoitaan? Onko heillä kykyä elinikäiseen oppimiseen?

OECD:n PISA-tutkimusohjelmassa (*Programme for International Student Assessment*) haetaan vastauksia näihin kysymyksiin. Siinä tutkitaan kolmivuositain (2000, 2003, 2006, ...) keskeisten teollistuneiden maiden 15-vuotiaiden oppilaiden kykyä käyttää hankkimaansa lukutaidollista, matemaattista ja luonnontieteellistä osaamista. Ensimmäisessä tutkimuksessa vuonna 2000 painottui lukeminen ja toisessa vuonna 2003 matemaattinen osaaminen. Luonnontieteelliseen osaamiseen keskittyvä PISA 2006 täydentää ensimmäisen kokonaisen tutkimusjakson.

Luonnontieteiden, lukemisen ja matematiikan osaamisen arviointi – PISA 2006 -viitekehys esittelee PISA 2006 -tutkimuksen aihepiirin määrittelyt. Siihen sisältyy uudistettu ja laajennettu luonnontieteellisen osaamisen viitekehys, tähän liittyvä uudenlainen oppilaiden asenteiden arviointitapa, sekä viitekehykset lukemisen ja matemaattisen osaamisen arvioimiseen. Näistä kolmesta aihepiiristä esitetään sisältö, joka oppilaiden tulee omaksua. Lisäksi esitetään taidot, joista heidän tulisi suoriutua, sekä ympäristöt, joissa tietoja ja taitoja sovelletaan. Aihepiirejä ja niiden eri puolia havainnollistetaan esimerkkitehtävillä.

TÄYDENTÄVÄÄ KIRJALLISUUTTA

PISA 2003 -tutkimuksen ensitulokset julkaistiin teoksissa *Learning for Tomorrow's World – First Results from PISA 2003* (OECD, 2004) ja *Problem Solving for Tomorrow's World – First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003* (OECD, 2004).

OECD:n PISA-tutkimusohjelma (*Programme for International Student Assessment*)

PISA on 30 OECD-jäsenmaan ja lähes 30 kumppanimaan yhteistyöhanke, jossa yhdistyy osallistujamaiden tieteellinen asiantuntemus ja jota ohjaavat maiden hallitukset yhteisesti hyväksytyjen periaatteiden mukaan. PISA on monella tavalla uudenlainen yritys mitata oppilaiden osaamista:

- Arjen osaamisen korostaminen: PISA:ssa ei määritellä arvioitavia aihepiirejä (luonnontieteellinen, lukemisen ja matematiikan osaaminen) ensisijaisesti koulun opetussuunnitelmien mukaan, vaan keskeisiä ovat tiedot ja taidot, joita aktiivinen kansalainen tarvitsee yhteiskunnassa.
- Tutkimuksen pitkäjänteisyys: Osallistujamailla on mahdollisuus seurata säännöllisesti ja luotettavasti edistymistään tärkeimpien oppimistavoitteiden saavuttamisessa.
- Ikäryhmän valinta: Koska kohderyhmänä ovat 15-vuotiaat eli oppivelvollisuutensa loppuvaiheessa olevat oppilaat, PISA kertoo selkeästi koulujärjestelmän toimivuudesta.
- Elinikäisen oppimisen näkökulma: PISA:ssa ei arvioida vain oppilaiden tietoja ja taitoja, vaan myös heidän omaa oppimismotivaatiotaan, uskomuksiaan itsestään ja oppimistapojaan.

Tämä julkaisu löytyy englanninkielisenä Internet-osoitteesta:

<http://www.sourceoecd.org/education/9264026398>

Kaikkiin OECD-julkaisuihin pääsevät voivat käyttää osoitetta:

<http://www.sourceoecd.org/9264026398>

SourceOECD on OECD:n virtuaalikirjasto kirjoille, aikakauslehdille ja tilastollisille tietokannoille. Lisätietoa tästä palkitusta palvelusta ja sen ilmaisesta koekäytöstä saa kirjastoista tai osoitteesta: **SourceOECD@oecd.org**.



www.pisa.oecd.org

Opetusministeriön julkaisuja 2010:4

ISBN 978-952-485-835-9 (nid.)

ISBN 978-952-485-836-6 (PDF)

ISSN 1458-8110 (Painettu)

ISSN 1797-9501 (PDF)